INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

Monográficos de psicología y neurociencias

2.º cuatrimestre 2021 · **N.º 29** · 6,90 € · investigacionyciencia.es

CUADERNOS

Mente&Cerebro

Música y cerebro

Los efectos de la música en las neuronas y la psique

Emociones
¿Por qué sentimos escalofríos musicales?

Cognición
Los beneficios del aprendizaje musical

Párkinson
Música para mejorar el movimiento

N.º 29 - 2021

MÚSICA Y CEREBRO

CUADERNOS Mente&Cerebro

ESPECIAL

MONOGRÁFICOS DIGITALES

Descubre los monográficos digitales que reúnen nuestros mejores artículos (en pdf) sobre temas de actualidad

www.investigacionyciencia.es/revistas/especial

Prensa Científica, S.A.

Seres musicales

La música eriza el vello, divierte, sana, despierta emociones, eleva el ánimo, favorece la neuroplasticidad, mejora la atención, la memoria y las funciones ejecutivas, puede mitigar la ansiedad y la depresión y estimular el movimiento, entre otras muchas virtudes. De hecho, resulta difícil imaginarse un mundo sin música. Probablemente, solo las personas que padecen amusia o anhedonia musical específica no perciben ritmos o tonos, o no sienten placer al escuchar una melodía. En pocas palabras, por lo general, los humanos somos seres musicales.

Todos hemos experimentado estremecimientos agradables o «escalofríos» al escuchar ciertas melodías. ¿Cómo es posible? Se ha visto que la música activa el sistema límbico de autorrecompensa, el cual suele asociarse a la sensación de placer. Pero los ritmos, tonos y cantos no nos benefician solo a nivel individual: las ventajas se extienden a toda la comunidad. De esta manera, contribuyen a que nos organicemos en grupo y a que estrechemos los lazos frente a posibles agresores.

En el presente monográfico de la colección *Cuadernos,* el lector encontrará estos y otros conocimientos y descubrimientos sobre el poder que la música ejerce en el cerebro, la psique y la vida social. Con este propósito, el número presenta una selección de los artículos más interesantes sobre el tema publicados en *Mente y Cerebro*. También incluye dos artículos inéditos que amplían la información sobre los hallazgos en este complejo campo: «Cuando la música nos ensordece» (*pág. 80*) y la reveladora entrevista con el psicólogo de la música, Stefan Kölsch (*pág. 48*). Según explica, las canciones que más nos gustan beben de nuestras expectativas: cuando esperamos que suene un determinado sonido, aparece otro distinto, lo que nos provoca sorpresa. Y gozo. «Esas "brechas" de las expectativas suscitan placer», afirma.

Pero el camino que toma la música en el cerebro no resulta sencillo. Distintas áreas cerebrales procesan aspectos diferentes de la misma información musical. Así, no existe un «centro de la música» en el encéfalo. A ello contribuye la complejidad de la propia música, ya que presenta aspectos parciales (como los ritmos e intervalos), señalan los autores de «Escalofrío musical» (*pág. 44*).

Tampoco existe un «gusto musical único». Las preferencias dependen, en buena medida, de las experiencias personales. De ello podría desprenderse que es imposible formular leyes generales en relación a la música. En sentido estricto, existirían unos seis mil millones de «centros de música» sobre la Tierra. Sin embargo, los humanos compartimos competencias musicales universales. Y, como llevados por la espiral que dibuja la clave de sol, volvemos al principio: somos seres musicales.

—La redacción

GETTY IMAGES / BIZOO_N / ISTOCK

EN ESTE NÚMERO

1 **Presentación**
Seres musicales. *Por la redacción*

La música en el cerebro

Neurobiología
4 Música y cerebro
¿Dónde reside el secreto del poder de la música? Los científicos buscan la respuesta en el cerebro de intérpretes y melómanos. *Por Norman M. Weinberger*

Percepción
12 El cerebro y la música contemporánea
Si la música contemporánea nos desconcierta, es porque nuestro cerebro no está habituado. La audición reiterada podría lograr que nos resultase familiar. *Por Philippe Lalitte y Emmanuel Bigand*

Neurofisiología
18 Neurología de la percepción musical
¿Qué ocurre en nuestro cerebro cuando escuchamos los acordes de Johannes Brahms, Miles Davis o Elvis Presley? *Por Eckart Altenmüller*

Ilusiones auditivas
26 La melodía interminable
Podemos librarnos de los gusanos auditivos, esas canciones que no nos quitamos de la cabeza. *Por Susana Martinez-Conde y Stephen L. Macknik*

Neuroplasticidad
30 El impacto del aprendizaje musical en el cerebro
La mayoría de las áreas cerebrales participan en el aprendizaje musical. Ello repercute en diversas funciones cognitivas. *Por Jordi A. Jauset*

La música en la psique

Psicología
38 Emociones musicales
La música suscita emociones a través de diversos parámetros, como el tempo o el modo, mayor o menor. *Por Sandrine Vieillard*

Psicofisiología
44 Escalofrío musical
Al oír algunas piezas, sentimos un estremecimiento o escalofrío automático. ¿Por qué? *Por Eckart Altenmüller, Oliver Grewe, Frederik Nagel y Reinhard Kopiez*

Entrevista
48 «La música abre un túnel en el cerebro»
Casi nada excita tanto nuestros sentimientos como la música. El psicólogo de la música Stefan Kölsch explica cómo y por qué ocurre. *Por Anna von Hopffgarten*

Terapia
54 Los efectos saludables de cantar
Participar en un coro favorece al cuerpo y a la mente. Entre otros beneficios, alivia el dolor y la depresión. *Por Elena Bernard*

Entrevista
60 «Los niños con autismo son muy musicales»
La musicoterapeuta Núria Escudé afirma que la musicoterapia puede ayudar a pacientes con enfermedades físicas o psíquicas. *Por Yvonne Buchholz*

Neuropsicología
64 ¿Nos entristece la música en tono menor?
La estructura de la música determina la emoción que desencadena. *Por Günter Kleinen*

Trastornos

Trastorno del movimiento
66 Distonía del músico
Keith Emerson, teclista del grupo ELP, sufrió distonía focal cuando estaba en el cenit de su carrera. Este trastorno afecta a muchos músicos virtuosos. *Por Eckart Altenmüller*

Enfermedad mental
74 Brian Wilson: loco por la música
La ascensión y caída de Brian Wilson, líder de los Beach Boys, muestra la importancia de la función ejecutiva para la creatividad. *Por Brian Levine*

CATALIN POP / UNSPLASH.COM (unsplash.com/photos/ZpoMrOR2NIs)

Pérdida auditiva

80 Cuando la música nos ensordece

Escuchar música con cascos y a todo volumen a diario puede causar sordera parcial a los 40 o 50 años de edad. *Por Anna Lorenzen*

Trastorno neurodegenerativo

88 Ritmo para recuperar la marcha

La música permite restablecer la capacidad de andar y mantener el equilibrio deteriorados por el párkinson, un ictus o el propio envejecimiento. *Por Simone Dalla Bella y Barbara Tillmann*

92 La música también ayuda a demorar los efectos del alzhéimer

Por Mónica de Castro y Melissa Mercadal Brotons

Colaboradores de este número

Asesoramiento y traducción:

Andrés Lewin Richter: *Música y cerebro*; Luis Bou: *El cerebro y la música contemporánea*, *Emociones musicales*; Diana Estévez: *Neurología de la percepción musical*; Federico Fernández Gil: *La melodía interminable*, *Distonía del músico*; Sixto J. Castro: *Escalofrío musical*; Mónica Herrero: «*La música abre un túnel en el cerebro*»; Noelia de la Torre: *Los efectos saludables de cantar*; Núria Comas: *¿Nos entristece la música en tono menor?*; Ángel González de Pablo: *Brian Wilson: loco por la música*; Ana Mozo García: *Cuando la música nos ensordece*; Francesc Asensi: Ritmo para recuperar la marcha

Portada: Getty Images / Hryhorii Bondar / iStock

Mente y Cerebro

Directora editorial: Laia Torres Casas
Ediciones: Yvonne Buchholz, Anna Ferran Cabeza, Ernesto Lozano Tellechea
Director de márquetin y ventas: Antoni Jiménez Arnay
Desarrollo digital: Marta Pulido Salgado
Producción: M.ª Cruz Iglesias Capón, Albert Marín Garau
Secretaría: Eva Rodríguez Veiga
Suscripciones: Olga Blanco Romero

EDITA
Prensa Científica, S.A.
Valencia, 307 3.º 2.ª
08009 Barcelona (España)
Teléfono 934 143 344
e-mail precisa@investigacionyciencia.es
www.investigacionyciencia.es

Gehirn und Geist

Chefredakteur: Daniel Lingenhöhl (verantwortlich)
Artdirector: Karsten Kramarczik
Redaktionsleitung: Hartwig Hanser
Redaktion: Steve Ayan, Liesa Bauer, Katja Gaschler, Anna von Hopffgarten, Michaela Maya-Mrschtik, Daniela Zeibig
Schlussredaktion: Christina Meyberg, Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe
Geschäftsleitung: Markus Bossle

DISTRIBUCIÓN
para España:
LOGISTA, S. A.
Pol. Ind. Polvoranca - Trigo, 39, edificio B
28914 Leganés (Madrid)
Teléfono 916 657 158
para los restantes países:
Prensa Científica, S.A.
Valencia, 307 3.º 2.ª - 08009 Barcelona

PUBLICIDAD
Prensa Científica S.A.
Teléfono 934 143 344
publicidad@investigacionyciencia.es

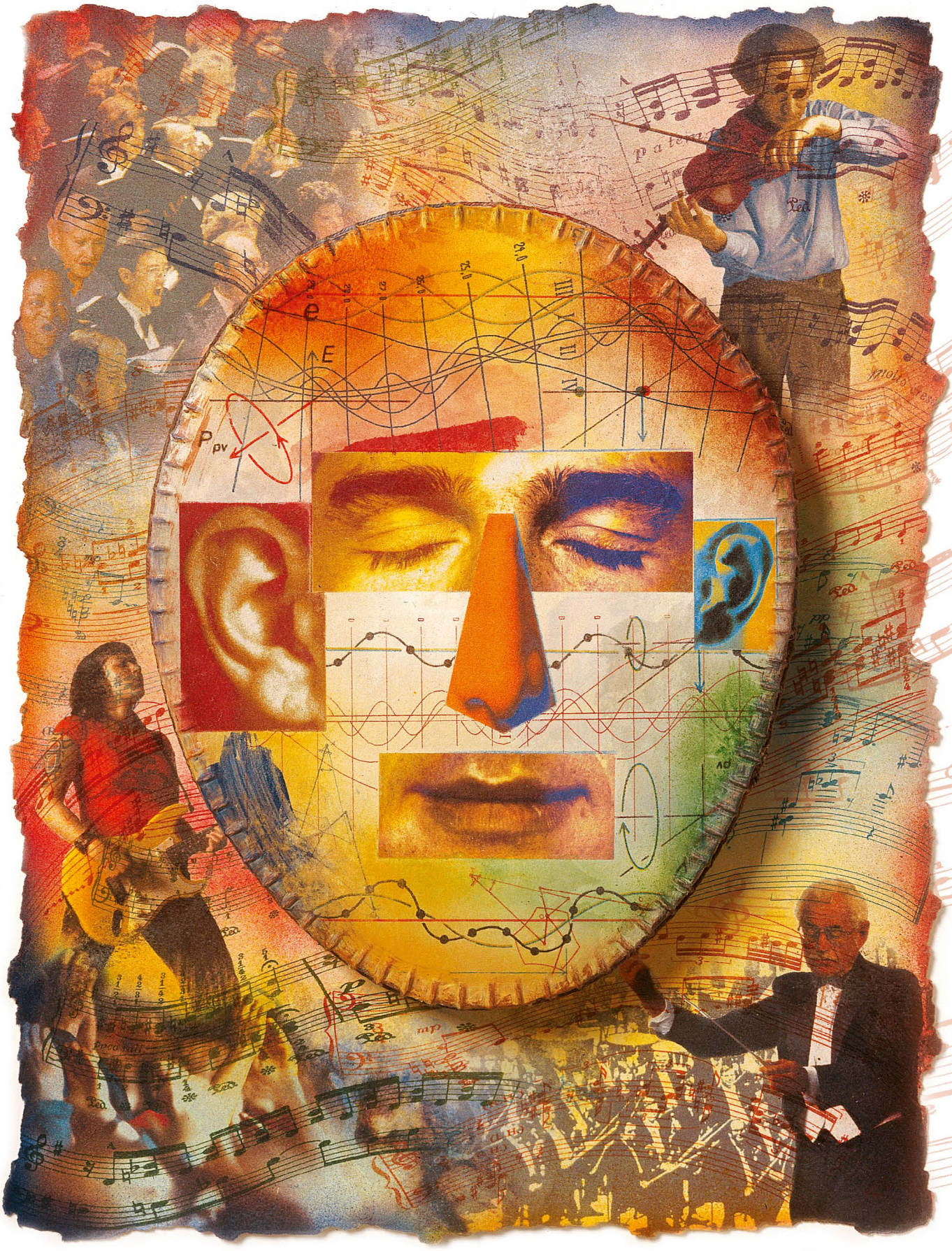
ATENCIÓN AL CLIENTE
Teléfono 935 952 368
contacto@investigacionyciencia.es

Copyright © 2021 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg
Copyright © 2021 Prensa Científica S.A. Valencia, 307 3.º 2.ª 08009 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista.

ISSN edición impresa: 2253-959X ISSN edición digital: 2385-569X
Dep. legal: B. 3021 – 2012

Imprime Rotimpres
Pla de l'Estany s/n - Pol. Ind. Casa Nova 17181 Aiguaviva (Girona)
Printed in Spain - Impreso en España



JOHN STEWART

NEUROBIOLOGÍA ¿Dónde reside el secreto del poder singular de la música? En busca de una respuesta, se están reordenando los componentes del proceso desarrollado en el cerebro de intérpretes y melómanos

Música y cerebro

NORMAN M. WEINBERGER

Proveedora de sensaciones placenteras, la música endulza nuestras vidas. Un potente *crescendo* orquestal puede hacernos derramar lágrimas y provoca escalofríos. Cambios de intensidad en la banda sonora añaden carga emotiva a películas y programas de televisión. Los padres arrullan con nanas a sus bebés.

Este apego a la música tiene sus raíces en nuestro pasado remoto, en los albores de la cultura. Hace más de 30.000 años, los humanos tocaban ya flautas de hueso, instrumentos de percusión y birimbaos. Todas las sociedades cuentan con su propia música. De hecho, parece que la sensibilidad musical es innata. Los bebés de dos meses se vuelven hacia sonidos consonantes, o placenteros, y se apartan de los disonantes. Cuando el acorde que resuelve una sinfonía nos produce un delicioso escalofrío, se activan en el cerebro los mismos centros de placer que operan al comer chocolate, tener relaciones sexuales o comsumir cocaína.

Este fenómeno encierra un intrigante misterio biológico: ¿por qué la música —universalmente estimada y única en su poderosa capacidad de hacer aflorar emociones— nos resulta tan penetrante y valiosa? ¿Pudo su aparición favorecer la supervivencia humana, facilitando el aparejamiento, por ejemplo, como ha propuesto Geoffrey F. Miller, de la Universidad de Nuevo México? ¿Nació para promover la cohesión social en grupos que habían crecido demasiado, como sugiere Robin M. Dunbar, de la Universidad de Liverpool? ¿O, en palabras de Steve Pinker, de la Universidad de Harvard, se trata solo de una «tarta auditiva», una feliz casualidad de la evolución que cosquillea placenteramente nuestro cerebro?

La neurociencia no ha dado todavía con la respuesta. Pero, en los últimos años, hemos empezado a adquirir un conocimiento más exacto del lugar y el mecanismo del procesamiento cerebral de la música, lo que debiera establecer la base para resolver cuestiones evolutivas. Contra pronóstico, el estudio de pacientes con daños cerebrales y el análisis de las imágenes del encéfalo de individuos sanos no ha desvelado ningún «centro» de la música. Antes bien, activa diversas áreas repartidas por el cerebro, incluidas las involucradas en otros tipos de

En síntesis: El cerebro musical

1 La música ha estado presente en todas las sociedades humanas desde los albores de la cultura. Según parece, la sensibilidad musical constituye un rasgo innato: hasta los bebés de dos meses se sienten atraídos por sonidos agradables.

2 Numerosas regiones cerebrales participan en la percepción de la música y en las emociones que esta evoca. El cerebro se reajusta para responder con mayor intensidad a sonidos musicales potenciados mediante refuerzo conductual.

3 Los expertos que estudian el procesamiento cerebral de la música están sentando las bases de nuestro conocimiento sobre su valor para los humanos.

cognición. Esas regiones activas varían según la experiencia y la formación musical de cada persona. El oído cuenta con menos células sensoriales (3500 células ciliares internas) que cualquier otro órgano sensorial (el ojo, por ejemplo, aloja 100 millones de fotorreceptores). Sin embargo, nuestra respuesta cerebral a la música resulta extraordinariamente adaptable: bastan pocas horas de entrenamiento para modificarla.

Afinar el cerebro

Hasta el advenimiento de las técnicas de neuroimagen, se obtenía información sobre la forma en que el cerebro percibe la música mediante el estudio de pacientes, famosos compositores incluidos, que hubieran sufrido lesiones, accidentes cerebrovasculares u otros trastornos. En 1933, Maurice Ravel comenzó a presentar síntomas de isquemia cerebral focal (una atrofia que afecta a áreas concretas del cerebro). Sus capacidades conceptuales permanecían intactas —podía oír y recordar sus antiguas composiciones y tocar escalas—, pero era incapaz de escribir música. Hablando de *Jeanne d'Arc*, una ópera que planeaba componer, Ravel confiaba a un amigo: «[...] La ópera está aquí, en mi cabeza. La oigo, pero nunca la escribiré. Se ha terminado. Ya no puedo escribir mi música». Ravel murió cuatro años después, tras una malograda intervención neuroquirúrgica. El caso prestó credibilidad a la idea de que podría no haber un centro cerebral específico de la música.

La experiencia de otro compositor sugirió, además, que la música y el habla se procesan de forma independiente. Tras sufrir un accidente cerebrovascular en 1953, Vissarion Shebalin perdió el habla y la inteligibilidad de lo que se le decía, si bien retuvo la capacidad de escribir música hasta que murió, diez años más tarde. La hipótesis del procesamiento independiente parece, pues, asentada. Con todo, la investigación se muestra más cauta cuando relaciona rasgos compartidos por la música y el lenguaje: una y otro constituyen herramientas de comunicación y cada uno cuenta con una sintaxis, una serie de reglas que gobiernan la combinación de elementos (notas y palabras, respectivamente). De acuerdo con Ariruddh D. Patel, del Instituto de Neurociencia en San Diego, las imágenes cerebrales sugieren la existencia de una región en el lóbulo frontal que permite la construcción correcta de la sintaxis, musical y lingüística, mientras que otras regiones se ocupan de aspectos relacionados con el procesamiento del lenguaje y la música.

EL AUTOR

Norman M. Weinberger trabaja en el departamento de neurobiología y comportamiento de la Universidad de California en Irvine, donde fundó el Centro de Neurobiología del Aprendizaje y la Memoria.

El estudio de las neuroimágenes ha arrojado luz sobre la respuesta del cerebro a la música. En particular, ha permitido ahondar en cómo el oído suministra los sonidos al cerebro. Lo mismo que otros sistemas sensoriales, el auditivo muestra una organización jerárquica: consta de una serie de estaciones neuronales de procesado que van desde el oído hasta la corteza auditiva, el nivel más elevado. El procesamiento de sonidos, piénsese en las notas musicales, empieza en el oído interno (cóclea); aquí se descompone un sonido complejo (el que produce un violín, por ejemplo) en las frecuencias que lo constituyen. Luego, la cóclea transmite esta información a lo largo de fibras del nervio auditivo (cada una con «afinación» distinta), que operan como trenes de descargas neuronales. Por fin, estos trenes llegan a la corteza auditiva en el lóbulo temporal. Cada célula del sistema auditivo cerebral está «afinada» para responder de forma óptima a una nota o frecuencia concreta; la curva de afinación de una célula se solapa con la curva de las células vecinas, de forma que no quedan huecos en la percepción del espectro acústico. De hecho, puesto que las células vecinas están afinadas a frecuencias similares, la corteza auditiva levanta una suerte de «mapa de frecuencias» a través de su superficie.

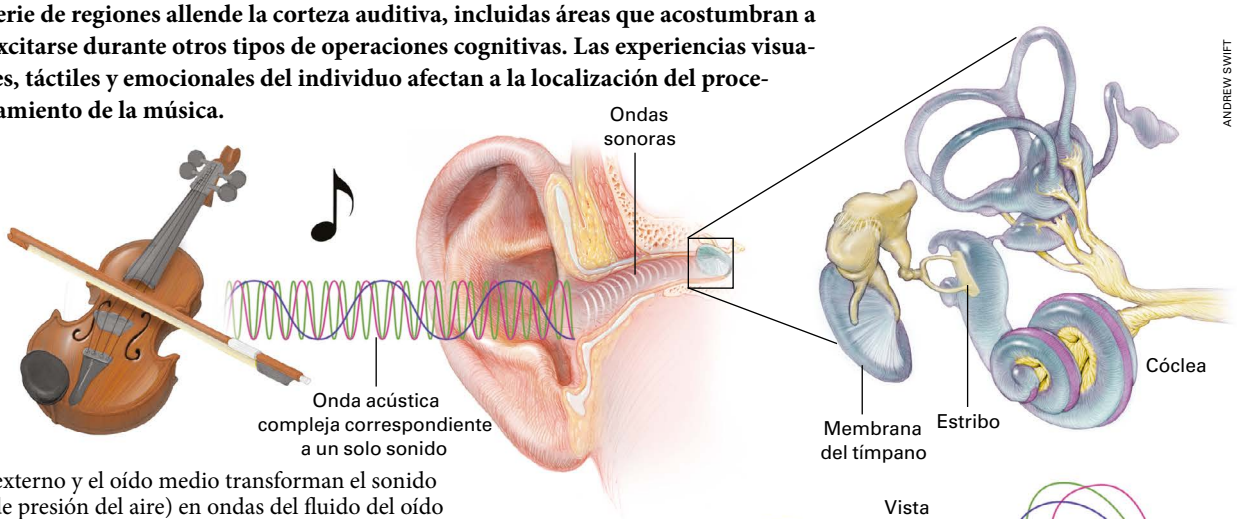
Pero la música entraña mayor complejidad que un simple sonido aislado. Consiste en una secuencia de sonidos, cuya percepción depende de la comprensión de las relaciones entre ellos. Diversas áreas del cerebro participan en el procesamiento de los componentes de la música. Consideremos el tono, o frecuencia, de una nota. Los expertos creían que las células «afinadas» para responder a una frecuencia específica reaccionaban siempre de la misma forma al detectarla.

Sin embargo, a finales de los años ochenta del siglo pasado, esa tesis empezó a cuartearse. En mi laboratorio de la Universidad de California en Irvine, estudié, junto con Thomas M. McKenna, el contorno tonal, la secuencia de notas que define una melodía. Para nuestro estudio construimos diferentes melodías a partir de distintas combinaciones de las mismas cinco notas; después registramos, en cortezas auditivas de gatos, las respuestas de determinadas neuronas. Vimos que el número de descargas de las neuronas variaba según el contorno tonal, es decir, dependía de la posición de cada nota dentro de la melodía. Las células podrían excitarse con mayor intensidad si la nota en cuestión venía precedida por otra que cuando era la primera. Además, la reacción es distinta cuando la nota forma parte de una melodía ascendente (de grave a agudo) que cuando pertenece a una melodía descendente o más compleja. Estos hallazgos subrayan la importancia del contorno tonal: el procesamiento de la música en el sistema auditivo no resulta tan sencillo como la transmisión de sonido en el teléfono o en un sistema estereofónico.

Si bien la mayor parte de las investigaciones se han centrado en la melodía, revisten igual interés el ritmo (la

Procesamiento cerebral de los sonidos musicales

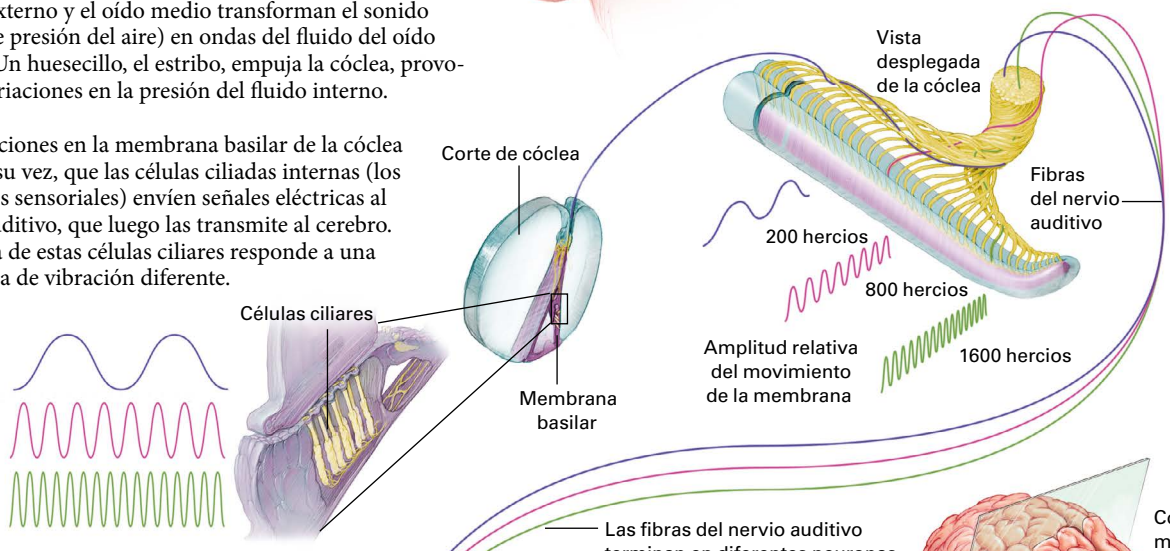
Cuando una persona escucha música, el cerebro pone en funcionamiento una serie de regiones allende la corteza auditiva, incluidas áreas que acostumbran a excitarse durante otros tipos de operaciones cognitivas. Las experiencias visuales, táctiles y emocionales del individuo afectan a la localización del procesamiento de la música.



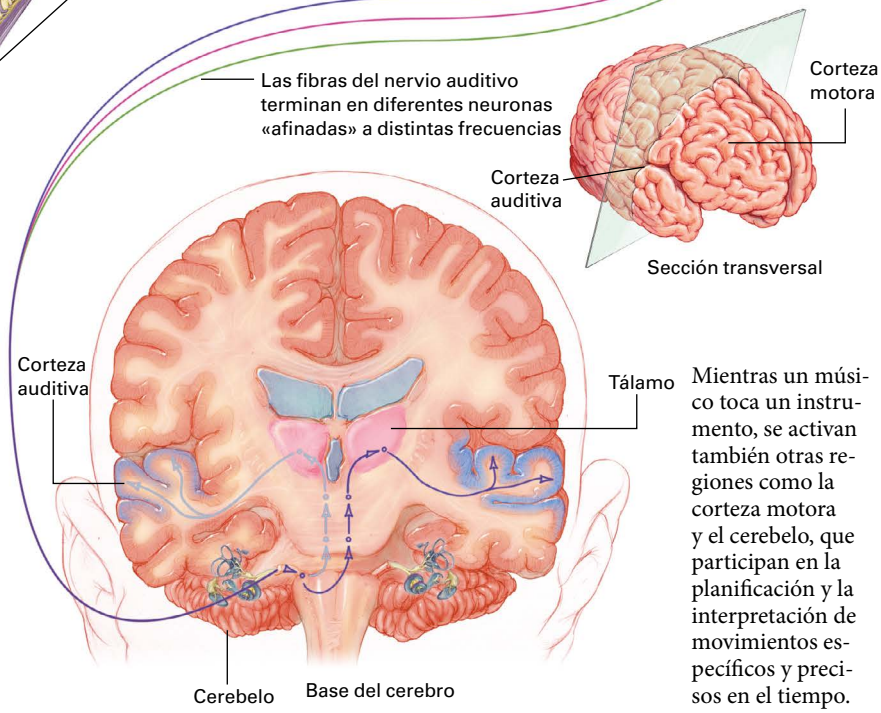
ANDREW SWIFT

El oído externo y el oído medio transforman el sonido (ondas de presión del aire) en ondas del fluido del oído interno. Un huesecillo, el estribo, empuja la cóclea, provocando variaciones en la presión del fluido interno.

Las vibraciones en la membrana basilar de la cóclea hacen, a su vez, que las células ciliadas internas (los receptores sensoriales) envíen señales eléctricas al nervio auditivo, que luego las transmite al cerebro. Cada una de estas células ciliares responde a una frecuencia de vibración diferente.



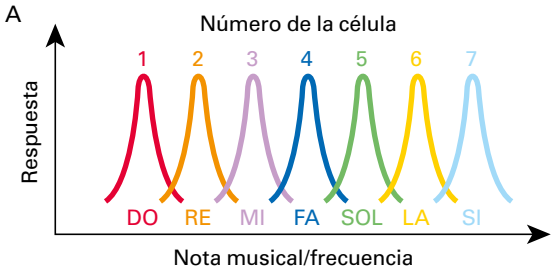
El cerebro procesa la música de forma jerárquica y repartida. Dentro de la corteza auditiva, la corteza auditiva primaria, que recibe las señales del oído y del sistema auditivo inferior vía el tálamo, está involucrada en las primeras etapas de la percepción musical; se ocupa de elementos básicos como el tono (frecuencia) y el contorno tonal (la secuencia de notas que define una melodía). La corteza auditiva primaria cambia su «afinación» a partir de la experiencia, de forma que aumenta el número de células que responden con máxima intensidad a los sonidos y notas relevantes. Este reajuste inducido por el aprendizaje afecta a otros procesos de la corteza en regiones como la corteza auditiva secundaria y regiones asociadas de audición, que podrían procesar elementos musicales más complejos, como la armonía, la melodía y el ritmo.

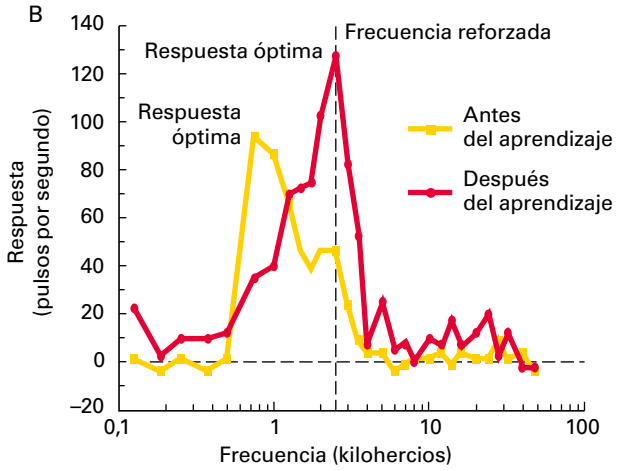


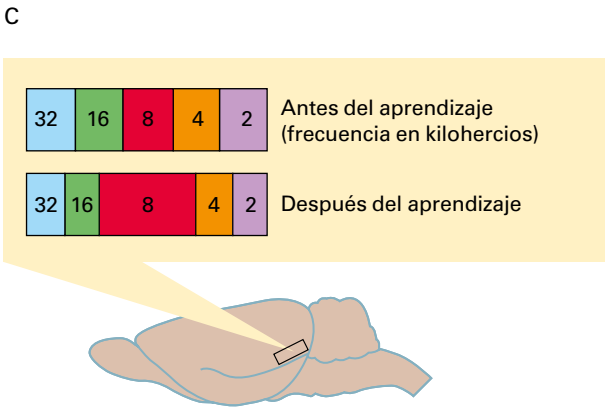
Mientras un músico toca un instrumento, se activan también otras regiones como la corteza motora y el cerebelo, que participan en la planificación y la interpretación de movimientos específicos y precisos en el tiempo.

Reajuste de la afinación del cerebro

Cada célula del cerebro está «afinada» para responder de forma óptima a una nota o frecuencia concreta (*A*). La afinación original se modifica cuando el sujeto aprende que una determinada nota reviste interés (*B*). Semejante ajuste celular modifica el «mapa de frecuencias» del cerebro de la rata, de forma que una zona mayor de la corteza procesa la nota importante; por ejemplo, el mapa se amplía para 8 kilohercios, cuando esta es la frecuencia reforzada (*C*).







longitud relativa de las notas y de los silencios entre ellas), la armonía (la relación de dos o más notas simultáneas) y el timbre (lo que diferencia el sonido de dos instrumentos emisores de la misma nota). Algunos estudios indican que en el ritmo se involucra más uno de los dos hemisferios, si bien discrepa en su identificación. El problema estriba en que distintas tareas e incluso estímulos rítmicos diferentes requieren capacidades de procesamiento dispares. Por ejemplo, el lóbulo temporal izquierdo parece que procesa mejor los estímulos breves que el lóbulo temporal derecho; así, estaría más activo cuando nos concentramos en el ritmo de sonidos musicales cortos.

Lo mismo ocurre con la armo forma todavía más clara. Los estudios de las neuroimágenes de la corteza cerebral encuentran una mayor activación en las regiones auditivas del lóbulo temporal derecho cuando el individuo se concentra en los aspectos armónicos de la música. El timbre se ha «asignado», de preferencia, al lóbulo temporal derecho. Los pacientes a los que se les ha eliminado el lóbulo temporal (para tratar un ictus, por ejemplo) muestran dificultad para diferenciar los timbres si se les ha extirpado tejido del hemisferio derecho, pero no del izquierdo. Además, el lóbulo temporal derecho se activa en individuos sanos cuando se aprestan a diferenciar entre timbres diversos.

La respuesta cerebral depende también de la experiencia y la educación musical del oyente. Basta incluso un breve entrenamiento para modificar las reacciones del cerebro. En este contexto, diez años atrás se creía que las células de la corteza auditiva tenían una afinación «fija». Sin embargo, nuestros estudios sobre la melodía sugieren que esta afinación puede alterarse mediante el aprendizaje, de forma que ciertas células incrementan su respuesta ante sonidos que atraen la atención y se almacenan en la memoria.

Para averiguarlo, Jon S. Bakin, Jean-Marc Edeline y yo mismo emprendimos, en los años noventa, una serie de experimentos. Buscábamos comprobar si cambiaba la organización básica de la corteza auditiva cuando un individuo se percataba de la importancia de una nota determinada. En uno de los estudios, expusimos a conejillos de Indias a un gran número de notas distintas y registramos la respuesta de células de la corteza auditiva para establecer qué notas producían la respuesta más intensa.

A continuación, reforzamos la audición de una determinada nota, hacia la que no existía ninguna preferencia previa, mediante la aplicación de una suave descarga en la pata cada vez que sonaba. Las ratas aprendieron la asociación al cabo de pocos minutos. Medimos de nuevo la respuesta de las células, inmediatamente tras el entrenamiento y a varios intervalos hasta dos meses después. La afinación con máxima respuesta neuronal se había desplazado desde la frecuencia original a la frecuencia de la nota reforzada mediante la señal eléctrica.

Por tanto, el aprendizaje reajusta el cerebro de forma que aumenta el número de células que responden con mayor intensidad a los sonidos que se potencian mediante refuerzo conductual. La nueva «afinación» se extiende

por toda la corteza, modificando el mapa de frecuencias de forma que una mayor superficie de la corteza procesa las notas reforzadas. Para determinar a qué frecuencias muestra mayor sensibilidad un animal, basta con definir el «mapa» de frecuencias de su corteza auditiva.

El reajuste de la afinación resultó asombrosamente duradero: se fortaleció sin necesidad de adiestramiento adicional y persistió durante meses. Estos hallazgos propiciaron un incremento de las investigaciones que sugerían que el cerebro inscribe la importancia aprendida de un estímulo dedicando mayor número de células al procesamiento de dicho estímulo. Si bien no resulta posible registrar la actividad de neuronas humanas individuales durante el proceso de aprendizaje, los estudios basados en imágenes del cerebro detectan cambios en la magnitud media de las respuestas de miles de células en diversas regiones de la corteza. En 1998, Ray Dolan y su grupo, del Colegio Universitario de Londres, entrenaron a humanos en una tarea similar, al tiempo que les insistían en la importancia de una nota determinada. Los neurólogos comprobaron que el aprendizaje producía el mismo cambio en la afinación observado en animales. Los efectos a largo plazo de este reajuste cerebral podrían explicar por qué reconocemos con prontitud una melodía familiar en una sala ruidosa y por qué las personas que sufren pérdida de memoria debido a la enfermedad de Alzheimer y otras patologías neurodegenerativas recuerdan músicas que aprendieron en el pasado.

Para «oír» música no necesitamos que ningún sonido real nos llegue al oído, basta con imaginarla. Piense en alguna pieza que conozca e «interprétela» en su cabeza. ¿En qué región cerebral se ejecuta la pieza? En 1999, Andrea R. Halpern, de la Universidad de Bucknell, y Robert J. Zatorre, de la Universidad McGill en Montreal, en una investigación sometieron a examen el cerebro de voluntarios legos en música mientras escuchaban una partitura o imaginaban que la escuchaban. Los neurólogos hallaron que buen número de las áreas temporales que participaban en la audición de melodías se activaban también cuando estas solo se imaginaban.

Desarrollo cerebral

Los estudios entre músicos han ampliado los descubrimientos y han confirmando que el cerebro es capaz de reajustar sus circuitos en apoyo de la actividad musical. De la misma forma que el adiestramiento incrementa el número de células que responden a un sonido cuando este se convierte en importante, un aprendizaje prolongado aumenta la intensidad de las respuestas y los cambios físicos operados en el cerebro. Los músicos que ensayan muchas horas al día, a lo largo de años, muestran tales efectos: responden a la música de forma distinta de los no expertos en este arte y presentan un hiperdesarrollo de ciertas regiones cerebrales.

Christo Pantev se hallaba en la Universidad de Münster cuando, en 1998, dirigió uno de esos estudios. Observó que, al escuchar una interpretación al piano, y comparado con un lego, el músico activa un 25 por ciento más de sus regiones auditivas del hemisferio izquierdo. Efecto de las notas musicales que no ocurre si se trata de otros sonidos. Además, esta expansión de la zona de respuesta resulta mayor cuanto más joven se inició el sujeto en los estudios musicales. A tenor de la investigación con niños, la experiencia musical precoz puede facilitar el desarrollo. En 2004, Antoine Shahin, Larry E. Roberts y Laurel J. Trainor, de la Universidad McMaster en Ontario, registraron en un estudio las respuestas cerebrales al sonido de un piano, un violín y a notas puras en niños de 4 y 5 años de edad. Los que habían convivido en un ambiente familiar melómano mostraron una mayor actividad auditiva del cerebro, equiparable a niños tres años mayores que no estaban en contacto con la música.

Los músicos pueden presentar mayor respuesta a sonidos, en parte, porque su corteza auditiva es más extensa. Peter Schneider y sus colaboradores, de la Universidad de Heidelberg, publicaron en 2002 un estudio en el que afirmaban que el volumen de esta era un 130 por ciento mayor en los músicos. El porcentaje de incremento en volumen se relacionó con el nivel de aprendizaje musical, con la coda consiguiente de que el aprendizaje de la música aumenta el número de neuronas dedicadas a su procesamiento.

Además, el cerebro de un músico concede un área mayor para el control motor de los dedos que han de ejecutar la pieza. En 1995, Thomas Ebert y su grupo, de la Universidad de Constanza, constataron en un estudio que las regiones del cerebro que reciben estímulos sensoriales procedentes del segundo al quinto (índice a meñique) dedo de la mano izquierda eran significativamente mayores en el caso de violinistas; se trata, precisamente, de los dedos que realizan movimientos rápidos y complejos cuando se toca el violín. En cambio, no observaron ningún incremento de las regiones de la corteza que reciben la información de la mano derecha, responsable del control del arco y no precisa de virtuosismo en los dedos. Las personas que no tocan un instrumento musical no presentan tales diferencias. Además, Pantev, ahora en el Instituto de Investigación Rotman de la Universidad de Toronto, informó en un estudio publicado en 2001 que el cerebro de trompetistas profesionales reacciona con notable intensidad solo al sonido de la trompeta, pero no al de un violín, por ejemplo.

Los músicos deben también desarrollar una mayor habilidad para utilizar las dos manos, en particular para la ejecución en el teclado. Cabría, pues, esperar que esta mayor coordinación entre las regiones motoras de los dos hemisferios contara con una base anatómica. Parece que así es. El cuerpo calloso anterior, que contiene el haz de fibras que interconecta las dos áreas motoras, es mayor en los músicos que en los legos. A su vez, el incremento es mayor cuanto más temprana es la educación musical. Otros estudios sugieren que la corteza motora y el cere-

Percepción musical de los bebés

GETTY IMAGES / CHRISTINLOLA / ISTOCK

El habla con entonación musical que remeda los sonidos del bebé es común a todas las culturas.

Aunque muchos creen que no tienen aptitudes para la música, todos contamos con cierta sensibilidad musical. De hecho, para encontrar a alguien con un «cerebro musical» basta con observar a cualquier bebé. Antes de adquirir el don del lenguaje, los lactantes ya muestran una habilidad extraordinaria para reaccionar ante la música. Quizá por ello los padres y otras personas se comunican instintivamente con ellos como si entonaran una canción, utilizando amplios espectros de frecuencias y frases melódicas que imitan los sonidos del bebé. Todas las culturas utilizan esa comunicación maternal.

Los bebés no solo reaccionan positivamente ante este tipo de estímulo, sino que, además, parecen reclamarlo. En un estudio llevado a cabo en 1999 por Laura-Lee Balkwill y William F. Thompson, ambos entonces en la Universidad York de Toronto, madres estadounidenses y de la India cantaban la misma canción en presencia de su pequeño y en ausencia de este. Después, otros participantes debían indicar en cuál de las dos grabaciones estaba presente el bebé. El estudio concluyó que debían existir algunos elementos musicales comunes en ambas culturas, pues los oyentes de las grabaciones detectaban de forma correcta si el niño estaba presente o no, independientemente de si oían la canción en su lengua o en otra.

¿Cómo podemos saber si un bebé se percata de la música si aún no puede hablar para contarlo? A través de medidas objetivas de su comportamiento. Por ejemplo, un lactante se halla sentado en el regazo de su madre; a la izquierda y a la derecha se instalan dos altavoces y cajas adyacentes de plástico transparente. En su estado normal, las cajas aparecen oscuras, pero si el bebé gira su cabeza hacia una de ellas, recibe un premio: la caja se ilumina y dentro aparece un muñeco animado (un perro o un mono de trapo). Durante la prueba, un investigador manipula marionetas u otros objetos enfrente del bebé para atraer su atención. Un estímulo musical (una nota o una melodía) se emite repetidamente por uno de los altavoces. En momentos aleatorios, el experimentador pulsa un botón escondido que cambia el estímulo. Si el niño nota la diferencia y se gira hacia el altavoz, se le premia con la activación del muñeco.

Tales pruebas han mostrado que los bebés distinguen, igual que los adultos, entre dos notas musicales adyacentes. También perciben los cambios en el tempo (la velocidad a la que se interpreta la música) y el ritmo. Reconocen una melodía si se interpreta en otro tono. Los hallazgos de Sandra Trehub, de la Universidad de Toronto, respaldan estos estudios. Según ha comprobado esta investigadora, los bebés de dos a seis meses de edad prefieren los sonidos consonantes a los disonantes. Parece que el aprendizaje de la música se inicia mucho antes, quizás en el útero materno.

Peter Hepper, de la Universidad Queen's de Belfast, observó que, quince días antes del parto, los fetos distinguían entre una canción nueva y la sintonía de la serie de televisión *Neighbors* («Vecinos»), la cual escuchaban a diario sus madres durante semanas de embarazo.

---

belo (región en la parte posterior del encéfalo responsable de la coordinación motora) presentan un mayor tamaño en los músicos.

Emociones musicales

Amén de indagar el procesamiento cerebral de los sonidos musicales, se investiga el mecanismo mediante el cual despiertan intensas emociones. Los estudios pioneros que John A. Sloboda, de la Universidad de Keele, llevó a cabo en 1991, revelaron que más del 80 por ciento de los adultos muestreados expresaron respuestas físicas a la música: escalofríos, risa o lágrimas. En un estudio realizado en 1995 por Jaak Panksepp, de la Universidad de Bowling, el 70 por ciento de varios centenares de jóvenes entrevistados, varones y mujeres, declararon que les gustaba la música «porque evoca emociones y sentimientos». Este trabajo se vio reforzado por los resultados que, en 1997, obtuvo Carol L. Krumhansl, de la Universidad de Cornell en su investigación. Con su grupo colaborador, Krumhansl anotó el ritmo cardíaco, la presión sanguínea, la respiración y otros parámetros fisiológicos durante la audición de diferentes piezas musicales que se suponía que expresaban felicidad, tristeza, miedo o tensión. Cada tipo de música evocó un patrón distinto, si bien consistente, de cambio fisiológico entre los participantes.

Hasta fecha reciente, se sabía muy poco sobre los mecanismos cerebrales implicados. Con el caso de Petra López (nombre alterado por la redacción) llegó la primera clave. Esta mujer, que había sufrido daños bilaterales en sus lóbulos temporales, incluidas las regiones de la corteza auditiva, mostraba una inteligencia y memoria normales y no presentaba dificultades con el lenguaje. En cambio, no se percataba ni reconocía música alguna, aunque se tratese de una pieza que ya conocía o una

ALEXANDER MARSHACK

Flauta de hueso encontrada en un yacimiento francés de hace 32.000 años. Constituye una prueba palmaria de la afición musical de los humanos desde los albores de la cultura.

canción nueva que había oído repetidamente. Tampoco distinguía entre dos melodías, por diferentes que fueran. Sin embargo, mostraba reacciones emocionales normales ante diversos tipos de música. Su capacidad de identificar una emoción con una selección musical concreta era completamente normal. De este caso inferimos que se necesita el lóbulo temporal para comprender una melodía, pero no para producir una reacción emocional; esta es subcortical e implica, también, a los lóbulos frontales.

En 2001, Anne Blood y Zatorre, de la Universidad McGill, recurrieron a las técnicas de neuroimagen para acotar con mayor precisión las regiones cerebrales comprometidas en las reacciones emocionales provocadas por la música. El estudio utilizaba estímulos emocionales suaves, asociados a la consonancia y a la disonancia. Un intervalo consonante corresponde a una relación de frecuencias (entre las dos notas que determinan el intervalo) sencilla. Ofrecen un ejemplo el do central y el sol central: la relación entre sus frecuencias (260 y 390 hercios, respectivamente) es 2:3. Su interpretación simultánea define un acorde de «quinta perfecta» de sonoridad agradable. Un do central y un do sostenido (277 hercios), en cambio, presentan una relación de frecuencias «compleja», de un 8:9. Su interpretación simultánea produce un sonido que se considera desagradable, áspero.

¿Qué mecanismos cerebrales subyacen a esta experiencia? Las imágenes obtenidas mediante tomografía por emisión de positrones mientras los sujetos escuchaban acordes consonantes o disonantes mostraron la intervención de diversas regiones del cerebro en las reacciones emocionales. Los acordes consonantes activaban la región orbitofrontal (parte del sistema de recompensa) del hemisferio derecho y también parte de un área debajo del cuerpo calloso. Por el contrario, los acordes disonantes activaban la circunvolución del parahipocampo derecho. Por tanto, por lo menos dos sistemas, cada uno relacionado con diferentes tipos de emoción, se activan cuando el cerebro procesa emociones vinculadas a la música. Todavía queda por descubrir cómo los diferentes patrones de actividad en el sistema auditivo podrían relacionarse con estas regiones de reactividad diferenciada de los hemisferios.

En el mismo año, Blood y Zatorre avanzaron un paso más en la comprensión del mecanismo a través del cual la música produce placer. Cuando sometieron a examen el cerebro de músicos que sentían una euforia estremecedora al escuchar música, observaron que se activaba alguno de los mismos sistemas de recompensa estimulados por la comida, el sexo y las drogas.

En resumen, hasta la fecha, se sabe que existe una base biológica y que el cerebro cuenta con una organización funcional para la música. Parece bastante clara, incluso en este estadio inicial de la investigación, la intervención de diversas regiones cerebrales en el procesamiento de aspectos concretos de la música, apoyando la percepción (cuando se aprehende una melodía, por ejemplo), así como evocando emociones. Los músicos parecen contar con especializaciones adicionales, sobre todo un hiperdesarrollo de ciertas estructuras cerebrales. Estos efectos demuestran que el aprendizaje modifica la actividad del cerebro, incrementando la respuesta de células individuales y el número de células que reaccionan con intensidad a sonidos que adquieren relevancia para el individuo. Conforme avance la investigación sobre la música y el cerebro, ahondaremos en el porqué de la música así como en sus múltiples facetas. ★

Artículo publicado en *Investigación y Ciencia* n.º 340

PARA SABER MÁS

The origins of music. Nils L. Wallin, Björn Merker y Steven Brown. MIT Press, 1999.

The psichology of music. Segunda edición. Diana Deutsch. Academic Press, 1999.

Music and emotion: Theory and research. Dirigido por Patrik N. Juslin y John A. Sloboda. Oxford University Press, 2001.

The cognitive neuroscience of music. Isabelle Peretz y Robert J. Zatorre. Oxford University Press, 2003.

EN NUESTRO ARCHIVO

¿La preferencia musical hacia la consonancia es innata o cultural? En www.investigacionyciencia.es, 15 de julio de 2015.

La música contribuye al desarrollo cerebral del bebé prematuro. Marta Pulido Salgado en www.investigacionyciencia.es, 30 de mayo de 2019.

Cómo la música produce escalofríos de placer. Marta Pulido Salgado en www.investigacionyciencia.es, 3 de noviembre de 2020.

PERCEPCIÓN Si la música contemporánea nos desconcierta, es porque nuestro cerebro no está habituado. La audición reiterada podría lograr que nos resultase familiar la forma en que ha sido construida

El cerebro y la música contemporánea

PHILIPPE LALITTE Y EMMANUEL BIGAND

GETTY IMAGES / CVAN066 / ISTOCK

Para la mayoría de nosotros, la música constituye un magnífico entretenimiento que ameniza nuestras actividades cotidianas y nuestras relaciones sociales. Mas ¿se reduce solo a eso? Da la impresión de que en nuestra época se hayan olvidado las virtudes que la música posee para la movilización del intelecto, para reconocer solo sus aspectos hedonísticos. Pero ya en la Antigüedad, los griegos concedían a la música un elevado valor formativo. La música era parte del ideal educativo del hombre libre. Esta relación entre música e intelecto se ha perseguido de una u otra forma durante toda la historia de la cultura occidental. ¿Nos permitirá hoy la eclosión de las neurociencias esclarecer más estas relaciones entre la música y la formación del carácter y la agudeza mental?

Se ha comprobado que la música modifica la organización cerebral de quienes la escuchan o la practican con intensidad, y que esta modificación entraña efectos positivos para la adquisición de no pocas aptitudes cognitivas de carácter fundamental. Aun así, ¿tendrán todas las músicas igual poder estimulante sobre las actividades intelectuales? No se trata, evidentemente, de entrar aquí en un debate normativo que discrimine entre la «buena» música y la música «mala»: se trata de comprender las relaciones entre la música y la competencia cognitiva, entre la música y el cerebro.

El caso de la música contemporánea parece revestir especial interés. Dicha música nos resulta tan desconcertante, dados nuestros hábitos de escucha, que se ha dicho de ella que desborda del entendimiento humano. Tomando a la inversa el sentido común, le lanza al cerebro un desafío, un reto que algunos dudan que pueda llegar nunca a dejar de serlo. ¿Cabe imaginar que dentro de algunos decenios Boulez o Stockhausen se escucharán con la facilidad con la que ahora oímos a Mozart o Albéniz? De ser tal el caso, ¿qué podría ocurrirle a nuestro cerebro que explicara un cambio tal? Eso es lo que vamos a examinar.

¿Cómo se pasa de Bach a Stockhausen?

Por «música contemporánea» suele entenderse la música culta (por contraposición a la música popular) compuesta después de 1945. La música nacida de los movimientos de vanguardia de los años cincuenta ha dejado huella en la sensibilidad, porque rompe con el pasado. Tras la Segunda Guerra Mundial los compositores experimentaron la necesidad de un nuevo lenguaje musical. Rechazaron gran parte de los principios que venían rigiendo la composición desde el siglo XIX y, en especial, la presencia de una melodía identificable, de la regularidad rítmica y de la organización de los sonidos en tonalidades (*do* mayor, *la* menor, etcétera). Pierre Boulez, Karlheinz Stockhausen, Henri Pousseur, Luigi Nono y otros músicos de su fuste renovaron los puntos de partida de la música occidental basándose, para empezar, en la recuperación y radicalización del sistema serial.

Fue el compositor austriaco Arnold Schönberg (1874-1951) quien, tras un período de composición libre, definió el sistema serial, en los años veinte del pasado siglo. En este sistema, las 12 notas de la escala cromática (do, do sostenido, re, re sostenido... hasta si), sin establecer una jerarquía entre los sonidos, al contrario de lo que se hace en la música tonal. (En la tonalidad de *do* mayor, por ejemplo, las notas do y sol tienen mayor peso que las demás). Las notas son ordenadas en función de intervalos elegidos de antemano por el compositor. Esta serie de 12 notas y sus transformaciones constituyen los materiales básicos de la pieza.

Se alzaron críticas violentas para denunciar la opacidad perceptiva de las estructuras producidas mediante tal sistema. ¿Se habrían superado realmente los límites de la percepción al crear estructuras sonoras de complejidad tal, que ni siquiera los mayores expertos acertaban a distinguir lo organizado de lo aleatorio?

Robert Francès, de la Universidad de París, realizó a finales de los años sesenta un estudio experimental sorprendente, en el que demostraba que, si se componía una obra de música contemporánea, en cuyo interior se incrustaban deliberadamente fragmentos de otra obra serial, no se observaba en los oyentes ningún sentimiento de incongruencia. Más todavía, tampoco los especialistas en este tipo de música distinguían mejor los pasajes incongruos que los oyentes carentes de formación musical. Francès repitió el ensayo en 1990 con oyentes que ya habían tenido tiempo para asimilar el lenguaje de la música serial. Los resultados, idénticos, inducen a pensar que el tiempo no influye. Este psicólogo conclu-

En síntesis: Aprendizaje implícito

1 La música modifica la organización cerebral, lo que entraña efectos positivos para el intelecto. Pero ¿tienen todas las músicas ese poder estimulante?

2 De manera inconsciente, el oído y el cerebro musical se adaptan progresivamente a las estructuras complejas de la música contemporánea.

3 Es probable que la asimilación de estos nuevos lenguajes musicales conduzca hacia formas nuevas de pensamiento y de representación del mundo.

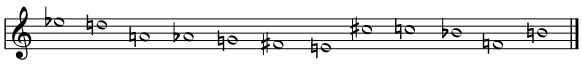
El sistema serial

El sistema serial permite organizar los doce sonidos de la escala cromática (do, do sostenido, re, re sostenido, etcétera) sin establecer una jerarquía entre los sonidos (todas las notas tienen la misma importancia). Una serie es una sucesión de alturas y de intervalos. Existen, en principio, 48 variantes para cada serie, a saber: la serie original, la retrogradación (la serie es leída de 12 a 1), la inversión (los intervalos crecientes se truecan en descendentes, y viceversa), la retrogradación de la inversión, y las 12 transposiciones de estas cuatro formas. La primera transposición de la serie se obtiene rebajando cada nota en un semitono. La segunda transposición, rebajando un semitono a cada nota de la primera transposición (es decir, rebajando en un tono a cada nota de la serie inicial), y así de manera sucesiva.

En el ejemplo adjunto, las series fueron empleadas por el compositor Pierre Boulez en *Structures pour deux pianos* (1956, revisada en 1961). El primer pentagrama corresponde a la serie original; el segundo, a la retrogradación; el tercero, a la primera transposición de esta serie, un semitono más baja. Así, la nota *1* (mi bemol) se convierte en re becuadro (*2*), la *2* (re becuadro) pasa a ser un do sostenido (*8*), la *3* (la becuadro) un sol sostenido (*4*), el la bemol (*4*) un sol becuadro (*5*), y así sucesivamente. El cuarto pentagrama corresponde a la segunda transposición de la serie, un tono más bajo (o un semitono más bajo que la primera transposición), el quinto es la inversión, el sexto, la retrogradación de la inversión y el séptimo, la primera transposición de la serie invertida. Se pueden construir así 48 variaciones de la serie de partida (contada la propia serie inicial). Es posible representar todas estas series mediante matrices, tras haber atribuido una cifra a cada nota, lo que permite pasar fácilmente de una transformación a otra.

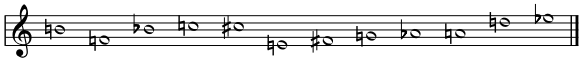
Serie original

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



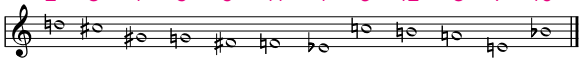
Serie retrógrada

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



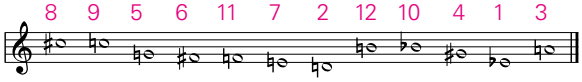
Primera transposición de la serie original

2 8 4 5 6 11 1 9 12 3 7 10



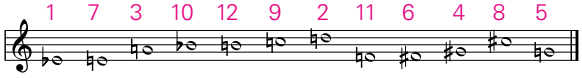
Segunda transposición de la serie original

8 9 5 6 11 7 2 12 10 4 1 3



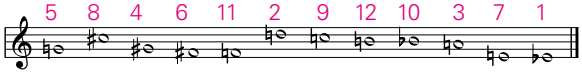
Serie invertida

1 7 3 10 12 9 2 11 6 4 8 5



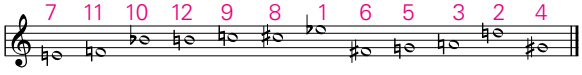
Retrogradación de la serie invertida

5 8 4 6 11 2 9 12 10 3 7 1



Primera transposición de la serie invertida

7 11 10 12 9 8 1 6 5 3 2 4



yó que una música cuya composición no se atuviera a ciertas restricciones fundamentales, propias del cerebro humano, quedaría a extramuros de nuestro entendimiento.

Jugar con las ambigüedades

El paisaje de la música contemporánea se ha diversificado a lo largo de medio siglo. En nuestros días cohabitan estéticas opuestas en universos permeables en diversa medida, hasta el punto de que ya no es posible hablar de música contemporánea, sino de músicas contemporáneas. Los campos de innovación y los universos sonoros son múltiples: integración de modelos matemáticos para la composición, nuevos modos de combinaciones instrumentales, proyección del sonido en el espacio, mixturas de instrumentos acústicos tradicionales con instrumentos eléctricos o electrónicos, o con sonidos pregrabados o sintetizados mediante ordenador... Tamaño haz de innovaciones, estas sonoridades nuevas y estos nuevos sistemas provocan el desconcierto en nuestros hábitos de escucha.

Numerosos compositores, sensibles a los aspectos perceptivos de la música, integran en sus sistemas de composición ciertas restricciones cognitivas y «manipulan» el cerebro musical. Sacan partido de la ambigüedad de la percepción, actuando, por ejemplo, sobre los fenómenos de periodicidad y aperiodicidad.

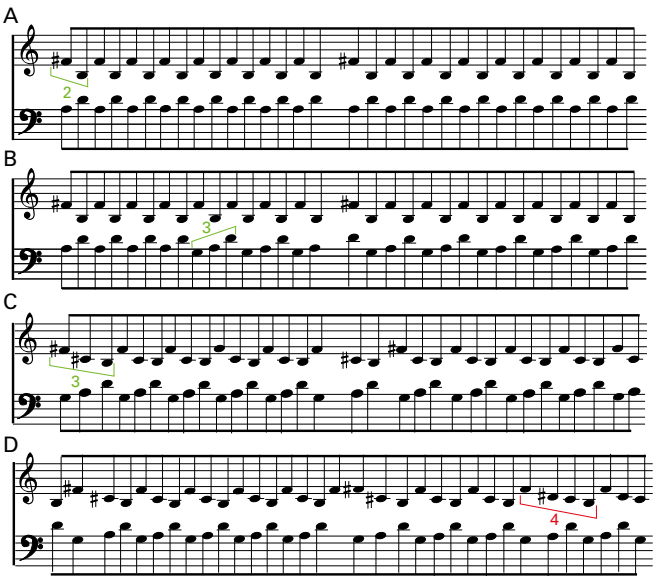
Así, la pieza de György Ligeti *Continuum*, obra para clavecín de 1968, consta de un solitario valor rítmico que se repite con regularidad con un tempo sumamente rápido. Sin embargo, los cambios de altura que introduce de forma imprevisible le sugieren a nuestra percepción agrupamientos formados por dos, tres o cuatro notas, que contradicen la regulación rítmica real. Como estos cambios no se efectúan simultáneamente en la mano derecha y en la izquierda, se producen acentuaciones que rompen la periodicidad. Este proceso, variado a lo largo de toda la pieza y modulado por cambios de registro, genera ilusiones auditivas de un indiscutible resultado estético.

Jean-Claude Risset ha sintetizado sonidos que parecen ascender o descender indefinidamente, a la manera de

la escalinata de Escher. Este compositor ha demostrado que se crean tales ambigüedades perceptivas cuando el sonido es sintetizado haciendo que varíen de forma inversa la altura tonal (la nota definida por su frecuencia fundamental) y la altura espectral (la brillantez del sonido, que produce la impresión de que una misma nota, tocada en una trompa, parece más alta que si es tocada en un trombón).

No se trata, sin embargo, de meros efectos sonoros destinados a impresionar al oyente. Las paradojas sonoras introducidas por Risset en sus obras están siempre en función de necesidades estéticas. Ha obtenido así sonidos híbridos (por ejemplo, el canto de un pájaro hibridado con un carillón de metal). En su pieza *Sud* de 1985, nos hace penetrar en un universo donde se mezclan pájaros de metal, grillos campestres y olas musicales.

Estos ejemplos nos han permitido ver el modo en que proceden los compositores para conjugar innovaciones estilísticas y juegos de percepción. Sin embargo, ¿cómo perciben los oyentes estas innovaciones? La cuestión ha sido y sigue siendo debatida por musicólogos, críticos y especialistas de la cognición. La psicología de la música se ha desarrollado considerablemente desde los primeros estudios de Francès. Hoy, existen suficientes estudios comportamentales sobre la percepción de la música contemporánea como para intentar esbozar una respuesta. Dos han sido los dominios más estudiados: la percepción de la sintaxis (la organización de las alturas) y de la forma (el encadenamiento de estructuras temporales).



***Continuum pour clavecin* (1968) de György Ligeti. Al principio, la mano derecha y la mano izquierda tocan las corcheas en grupos de dos notas (*A*). Esta regularidad se rompe cuando la mano izquierda (*B*, la clave de fa) introduce un grupo de tres notas, que volvemos a encontrar cuando la mano derecha (*C*, la clave de sol) introduce también un grupo de tres notas, y así sucesivamente: la mano derecha introducirá grupos de cuatro corcheas y será luego alcanzada por la mano izquierda.**

El cerebro descubre lo inaudito

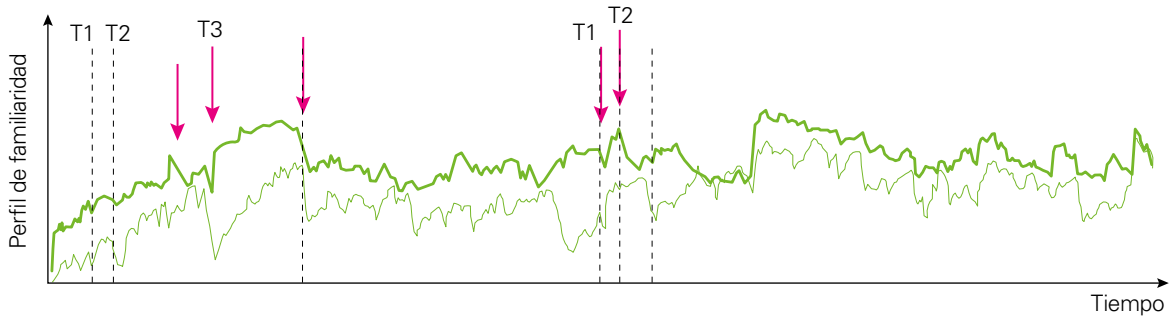
Entre los diferentes sistemas de música contemporánea, el sistema serial parece ser el que más lejos ha arrojado el guante del desafío al cerebro humano. Aunque no se trata del único sistema empleado ahora por los compositores, sí ha merecido el estudio tenaz de los psicólogos. Las obras musicales seriales son a menudo percibidas como obras caóticas, sobre todo en su primera audición. ¿Podremos abrirnos camino en un ambiente sonoro así?

Un estudio realizado en 1987 aportó elementos a favor de la música serial. Se acometieron experimentos con estímulos simplificados y extraídos del *Quinteto de viento*, opus 26, y del *Cuarteto de cuerdas*, opus 37, de Schönberg. Los participantes (todos músicos) consiguieron, tras una larga exposición a la serie original, discriminar sus transformaciones, con un 60 a un 85 por ciento de respuestas correctas.

El problema de la percepción de la música serial ha sido abordado por la vía, menos directa, del aprendizaje implícito, es decir, de nuestra capacidad para aprender informaciones complejas sin que tengamos consciencia de que lo hacemos. El aprendizaje sucede sin que el sujeto se percate; el conocimiento adquirido resulta difícilmente expresable.

Se han publicado varios estudios sobre el aprendizaje implícito de la música. En concreto, Zoltàn Dienes y Christoffer Longuet-Higgins, de la Universidad de Sussex, examinaron la capacidad para el aprendizaje implícito de las transformaciones de una serie de 12 sonidos. Durante la sesión de aprendizaje, los sujetos oyeron 50 secuencias correspondientes a una transformación de un solo tipo (una inversión, por ejemplo). En la fase de test, los probandos oyeron 50 nuevas secuencias, la mitad de las cuales no correspondía a ninguna de las transformaciones que habían escuchado durante la fase de aprendizaje. Quienes no eran músicos se vieron incapaces de distinguir las transformaciones. Quienes lo eran, lograron reconocer algunas.

El experimento fue repetido con un experto (un intérprete familiarizado con esta música), a quien se le explicitó la naturaleza de las transformaciones, es decir, se le indicaron los tipos de transformaciones que debía detectar. En esta ocasión, los resultados obtenidos superaron con mucho a los del azar: los participantes sin formación especializada no consiguieron aprender implícitamente las estructuras de la música serial. Los participantes que ya habían sido expuestos a esta música (incluso sin ser expertos) percibían implícitamente ciertas transformaciones; los sujetos expertos, identificaban todas las transformaciones.



Las reacciones de los oyentes a la pieza *The angel of death*, del compositor de Roger Reynolds, fueron registradas en tiempo real durante sendos conciertos en París (*trazo grueso*) y en San Diego (*trazo fino*). Se les pidió que indicasen mediante un cursor su sentimiento de familiaridad con respecto a la obra que escuchaban, es decir, si reconocían fragmentos que hubieran oído ya. Este perfil de familiaridad revela los momentos en los que los oyentes se sienten despistados al entrar un nuevo tema. En cada aparición de un elemento temático nuevo (*flechas*), el perfil se curvaba hacia abajo, indicio de que a los oyentes la música les resultaba menos familiar. El perfil de la segunda parte de la pieza (cuando se retoman los elementos T1, T2, etcétera) es globalmente más elevado, lo que indica que los oyáentes se han familiarizado con los temas. Los resultados de los dos experimentos se parecen, a pesar de las diferencias de sala, de público y de intérpretes.

El equipo de uno de los autores (Bigand) ha estudiado la naturaleza implícita y la explícita del conocimiento adquirido, así como el contenido abstracto de tal conocimiento tras el aprendizaje por los sujetos, expertos o no, de piezas seriales. Los estímulos estaban formados por piezas breves para piano, compuestas para la ocasión por el músico Daniel d'Adamo. Estos estímulos, a diferencia de los del estudio precedente, eran auténticas piezas musicales, no meras secuencias de notas espaciadas con regularidad. Después de una fase de aprendizaje (la audición de 20 piezas), los sujetos tenían que diferenciar dos conjuntos de piezas construidas sobre un mismo esquema rítmico, pero cuyas series eran distintas. Los participantes, músicos y no músicos, por igual, superaron el test con resultados superiores a los del azar. Un segundo experimento permitió confirmar estos resultados y poner de relieve la naturaleza implícita del aprendizaje.

El estudio también hizo ver que los oyentes captan implícitamente ciertas transformaciones efectuadas sobre las obras seriales. Ello tiende a demostrar que el intelecto humano posee la capacidad de aprender —en ciertas condiciones— las gramáticas seriales. Sin duda, el aspecto más importante es que este aprendizaje se efectúa implícitamente. En otras palabras, el oído y el cerebro musical se adaptan progresivamente a las estructuras de la música contemporánea, e incluso a las estructuras complejas del sistema serial, pero lo hacen sin tener consciencia de ello. Así, aunque el oyente se encuentre desconcertado por tal música, su cerebro llega a integrar sus organizaciones, y, en consecuencia, modifica sus hábitos de escucha.

Percibir las estructuras contemporáneas

El aprendizaje implícito de la música no se limita a los aspectos sintácticos (la combinación de sonidos a escala temporal pequeña), sino que alcanza igualmente a los principios que coordinan las diferentes partes de la obra. Las estructuras de gran escala (la organización de las frases musicales, por ejemplo) de la música occidental estaban, desde el siglo XVII hasta comienzos del siglo XX, estrechamente vinculadas a la tonalidad: las diferentes partes de una obra se hallaban señaladas por cambios de tonalidad; los contrastes surgían del alejamiento de la tonalidad inicial. Pero si falta la tonalidad, ¿cómo podrán ser percibidas las estructuras de gran escala de la música contemporánea? Diversos estudios han permitido mostrar que estas estructuras no se fundan en la tonalidad, sino, por ejemplo, en el grado de disonancia, de la densidad de los sonidos, de los cambios de dinámica, de registro o de *tempo*. Según la psicóloga belga Irène Deliège, esta percepción se apoya en los rasgos más sobresalientes (un contraste de intensidad, sea por caso), en los silencios o en las figuras más características (por ejemplo, un motivo melódico fácil de memorizar). De acuerdo con sus estudios, los músicos y quienes no lo son perciben de forma muy parecida dichas estructuras temporales.

Roger Reynolds compuso *The Angel of Death* (1998-2001), una obra para piano, conjunto instrumental y sonidos sintetizados en ordenador. La pieza, además de sus objetivos artísticos, ha permitido a los investigadores

LOS AUTORES

Emmanuel Bigand dirige el Laboratorio de Estudio del Aprendizaje y el Desarrollo de la Universidad de Borgoña en Dijon, donde trabaja *Philippe Lalitte*, musicólogo.

disponer de estímulos musicales y desconocidos por los participantes. La obra descansa sobre cinco temas extensos, que son retomados con modificaciones en su segunda mitad, con la intención de poner a prueba la sensibilidad de los oyentes a las semejanzas y las variaciones (por ejemplo, un cambio en la instrumentación).

Hemos estudiado la forma en que los oyentes perciben la estructura de los temas, es decir, el modo en que identifican las diversas frases al ir siguiendo la progresión musical. Globalmente, las estructuras percibidas se corresponden con las indicadas en la partitura por el compositor. Sin embargo, los sujetos tenían dificultades si la tarea era más abstracta. Cuando se les pidió que comparasen pares de fragmentos y que dijesen si pertenecían o no al mismo tema, la decisión les resultó difícil (sobre todo, a quienes no eran músicos). Más difícil todavía les resultaba juzgar si un determinado fragmento pertenecía al principio o al final. La percepción de la estructura temporal de cada tema parecía exigir importantes facultades de memorización; la tarea se dificultaba todavía más si los temas eran extensos, aunque ello no es específico de la música contemporánea.

Se ha tratado de averiguar en otro estudio lo que se experimentó ante la ejecución de *The Angel of Death* tras su estreno en París (1998), y posteriormente, en su segundo estreno en San Diego (2001). Los participantes tenían que seguir la progresión musical e indicar mediante un cursor conectado a un ordenador su sensación de familiaridad, es decir, si tenían la impresión de reconocer elementos de la pieza que hubieran escuchado ya. En otro grupo, los participantes tenían que indicar cuánto sentían la fuerza expresiva emanada de la música.

Los resultados indican que los oyentes no reaccionaron de forma precisa respecto a la estructura de la obra, aunque sus respuestas sí coincidían con los momentos esenciales. Se observa así que los promedios de las evaluaciones de familiaridad son mayores en la segunda mitad de la obra, al reconocer los oyentes los temas expuestos en la primera parte. Cuando en esta aparecía un elemento temático nuevo, la curva de familiaridad decaía, pero después se recuperaba, lo que indica que los oyentes habían percibido la novedad. Así pues, las estructuras temporales de la música contemporánea parecen haber sido implícitamente integradas por los oyentes, a pesar de que, explícitamente, la obra les parezca incomprensible en una primera audición.

¿Se ha aceptado el reto?

¿Cabría concluir que el cerebro humano está a punto de responder al desafío que le ha lanzado la música contemporánea? A la vista de los datos empíricos que acabamos de resumir, la respuesta ha de ser afirmativa. También lo es si se considera la forma en que han influido las revoluciones estéticas nacidas de los compositores contemporáneos para modificar el conjunto de los estilos musicales en el mundo occidental.

En el cine se nos ofrece el ejemplo más demostrativo. Los cineastas de la *nouvelle vague* colaboraron con compositores contemporáneos para la música de sus películas: Jean-Claude Eloy para *La Religieuse* (1966) y *L'Amour Fou* (1969) o bien Michel Fano para *L'Immortelle* (1963) de Alain Robbe-Grillet, por citar algunas muestras. Tal fue el caso de la impresionante música del final de *2001: Odisea del espacio*, de Stanley Kubrick, nacida de la pluma de uno de los grandes compositores contemporáneos, György Ligeti. Podríamos igualmente multiplicar los ejemplos de influencias, directas o indirectas, de la música contemporánea sobre los músicos rock, pop o tecno (desde los Beatles a Björk, pasando por Zappa, Can, Pink Floyd, Bowie, Dj Spooky, David Shea, entre otros muchos).

Sin embargo, la habituación a sistemas musicales nuevos exige tiempo. ¿Acaso no calificó a los madrigales de Monteverdi de «insoportables para el oído» el crítico Giovanni Maria Artusi (1540-1613) en un ensayo dedicado a *Las imperfecciones de la música moderna*? Si nuestro cerebro consiguió ir asimilando a paso lento las estructuras sonoras que antaño nos parecían tan complejas, por no decir inaudibles, ¿no se podría decir en consecuencia que la música ha modificado nuestro intelecto, haciéndonos descubrir nuevos horizontes sonoros?

En nuestros días sería prematuro afirmar que el «efecto Mozart» no tardará en completarse por un «efecto Boulez», pero sí hay toda clase de motivos para pensar que la asimilación de estos nuevos lenguajes musicales conduce a nuestro intelecto hacia formas nuevas de pensamiento y de representación del mundo, que no se habrían desarrollado de haber permanecido anclados en nuestros hábitos de percepción y cognición.

Por otra parte, ¿no es acaso función esencial del arte tirar de nuestros sistemas de percepción para llevarlos siempre un poco más allá, como si la creación artística fuese un motor esencial de la evolución del cerebro humano? ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 22

PARA SABER MÁS

Can musical transformations be implicitly learned? Z. Dienes y C. Longuet-Hoggins en *Cognitive Science*, vol. 28, págs. 531-558, 2004.

The perceptual structure of materials in *The Angel of Death*. P. Lalitte et al. en *Music Perception*, número especial: *Creation and perception of a contemporary musical work: The Angel Project*, vol. 22, n.º 2, 2005.

EN NUESTRO ARCHIVO

Para el cerebro, el estilo de la música también importa. Daniela Zeibig en www.investigacionyciencia.es, 22 de enero de 2018.

NEUROFISIOLOGÍA ¿Qué ocurre en nuestro cerebro cuando escuchamos los acordes de Johannes Brahms, Miles Davis o Elvis Presley? La investigación revela que las personas perciben y procesan la música de formas muy distintas

Neurología de la percepción musical

ECKART ALTENMÜLLER

Tras una intensa jornada laboral, me dejo seducir por mi pieza favorita, el segundo concierto de piano de Johannes Brahms. Al solo de viento de los dos primeros compases siguen los acordes de piano que ascienden con suavidad. Se me agolpan los recuerdos. Rincones de los bosques de Rottweil, estrofas de Eichendorff, la tarde estival en que, con dieciséis años, descubrí el concierto... El final de este tiempo, cuando el pianista va aumentando el volumen y la velocidad hasta la extenuación de sus fuerzas, me deja sin aliento. Siento el éxtasis embriagado del solista, que vuela por la partitura. Estremecedor.

Es imposible transmitir con palabras este tipo de vivencias musicales, tan intensas y subjetivas. En su novela *En busca del tiempo perdido*, Marcel Proust (1871-1922) describe la música como un medio de comunicación prehistórico que servía para estrechar vínculos sociales. Lo mismo que el lenguaje, la música forma también parte esencial de la cultura humana. Hace más de 35.000 años los hombres fabricaron los primeros instrumentos musicales: de percusión, flautas de hueso y birimbaos. Pero, ¿por qué empezaron a hacer música? ¿Qué provecho obtenían?

El lenguaje sirve para transmitir información de manera eficaz y exacta. Se debate, sin embargo, la

En síntesis: Un procesamiento cerebral complejo

1 Durante tiempo se ha pensado que la música se procesa en el hemisferio cerebral derecho. Sin embargo, se ha visto que diferentes áreas del cerebro y según el individuo participan en esa función.

2 Tal disparidad obedece, por un lado, a la complejidad propia del fenómeno musical; por otro, a las experiencias personales con la música. Pero existen unas bases de procesamiento comunes.

3 Además de la corteza auditiva primaria y secundaria, en el procesamiento cerebral de la música intervienen circunvoluciones del lóbulo temporal izquierdo y derecho.

La música ha provocado emoción y entusiasmo en todas las épocas de la humanidad. Se muestra aquí un ejemplo gráfico de lo ocurrido al final de un concierto celebrado en 1864 en el Teatro Principal de Karlsruhe.

ventaja evolutiva de la música. Jaak Panksepp, investigador en el dominio de las emociones, cifra el origen de la música en las expresiones de despedida de los primeros homínidos. En el mundo animal encontramos parejos recursos sonoros para establecer contacto entre madre e hijo o entre los miembros de un grupo. Las reacciones vegetativas que se sienten al oír música —el estremecimiento que recorre el cuerpo al escuchar un fragmento melódico especialmente emotivo— resultaron, según Panksepp, muy útiles desde el punto de vista biológico: si la cría oye la voz de la madre, se le erizan los pelos y le aportan calor. Todos hemos experimentado estremecimientos agradables causados por la música. Durante ese fenómeno se activa el sistema límbico de autorrecompensa, que suele asimilarse al placer sexual.

Probablemente, hubiera bastado ese carácter autorrecompensante para que el ser humano creara música hace miles de años. Pero esta comporta, además, otra ventaja práctica y evolutiva: ayuda a organizar la vida en grupo y a estrechar los lazos frente a posibles agresores. Cabe incluso que los primeros representantes de la especie humana se comunicaran a través de la música antes de la aparición del lenguaje. Si bien parece más plausible que ambos sistemas se desarrollaran a la vez, para separarse andando el tiempo. Los antropólogos consideran central su función fomentadora del sentido de colectividad, que vemos reflejado en los cantos asociados a determinadas tareas (canciones de tejedores, canciones de la cosecha) o los cantos de guerra (marchas). En fecha reciente los grupos juveniles tienden a identificarse con expresiones musicales características.

Qué oímos cuando escuchamos una canción

Una fiesta de cumpleaños. Con la copa de champán en mano, el corro animado canta la pieza musical más famosa de todos los tiempos: *Cumpleaños feliz*. Desde el punto de vista de las ciencias del comportamiento, efectúa una función clara: la afirmación de unos lazos sociales. Pero ¿qué percibimos exactamente cuando escuchamos la canción?

La música, organizada en varias capas, constituye un estímulo auditivo complejo. Al escuchar música transcurren simultáneamente muchos procesos de percepción distintos. Los elementos básicos de un tono son la altura, la duración, el volumen y el timbre. La producción consecutiva de varios tonos origina patrones acústicos que se relacionan con un contexto temporal en la memoria auditiva a corto plazo, para almacenarse luego en la memoria a largo plazo. La memoria musical a largo plazo es una suerte de «biblioteca» configurada en nuestro cerebro: Quien escucha una pieza, la compara con patrones disponibles y busca su significado.

Para describir la estructura de patrones musicales recurrimos a los siguientes elementos:

- **la estructura melódica,**
- **la estructura temporal,**
- **la estructura armónica vertical y**
- **la estructura dinámica.**

Ilustraré el significado de los distintos factores con un experimento mental. Dejemos sonar para ello el *Cumpleaños feliz* en nuestro interior.

Podemos escuchar entera esa melodía sencilla de ocho compases, percibirla de modo global. Pero podemos también dividirla en sus componentes. El modo de percepción local o analítico puede realizarse de forma extrema, es decir, experimentando la música «puntual», en tonos aislados. En un paso siguiente, unimos tonos sueltos. Dos tonos consecutivos forman un intervalo. Así, quien empieza por atender a la sucesión de los dos primeros tonos conformando una unidad, luego la sucesión de los tonos dos y tres, después los tonos tres y cuatro y así sucesivamente, realiza una escucha centrada en los intervalos.

Pero podemos agrupar unidades de percepción temporal algo mayores y observar, por ejemplo, los contornos de las melodías. La melodía primero asciende algo, luego desciende, después asciende en saltos cada vez mayores hasta el tercer «cumpleaños feliz». Alcanzada esta cúspide, la melodía vuelve a descender.

Esta escucha, polarizada en el contorno, guarda una vinculación más estrecha con la percepción global. En el caso de que se agrupen unidades mayores, convendrá subdividir la pieza en un «tiempo anterior» y otro «posterior» de un período musical. Tal proceder obedece a reglas de simetría y leyes de armonía; crea la sensación de tensión y relajación. En nuestro ejemplo, el tiempo anterior termina poco antes del último salto ascendente cargado de tensión, que inicia el tiempo posterior tranquilizador. Estos modos de escucha difieren en la duración de los segmentos temporales contemplados y procesados en cada caso.

Pero la música no consta solo de melodías. Comprende también estructuras temporales: ritmos y me-

¿Cómo llega la música al cerebro?

¿Cuáles son las cualidades generales necesarias para escuchar música? Tras la recepción de los sonidos en el oído, el nervio auditivo transmite la información al tronco encefálico. Allí pasa por un mínimo de cuatro estaciones de conmutación que filtran las señales, reconocen patrones y calculan las diferencias temporales del sonido de ambos oídos. Esto último nos permite determinar de qué dirección provienen los sonidos.

El tálamo transmite informaciones hacia la corteza o las reprime. Este efecto de compuerta posibilita, entre otras cosas, un control selectivo de la atención. Así, por ejemplo, podemos distinguir un determinado instrumento en medio del sonido global de la orquesta. Desde el tálamo, las señales van hacia la corteza auditiva del lóbulo temporal. Aproximadamente el 90 por ciento de las informaciones de un oído acaban en el otro lado del tronco encefálico y del cerebro. En experimentos con animales se ha comprobado que, al resecar un nervio auditivo, se refuerzan las conexiones con el otro oído intacto del mismo hemisferio.

A lo largo de esta «vía auditiva ascendente», del oído interno a la corteza auditiva, se suceden análisis cada vez más depurados de la información. Ahora bien, la información sufre, además, un proceso paralelo de asimilación. En este ámbito, la primera zona de conmutación, o núcleo coclear, realiza distintas funciones. En la parte anterior, la mayoría de las neuronas reaccionan solo ante algunos tonos y transmiten las señales recibidas sin apenas alterarlas. La parte posterior, sin embargo, asimila patrones musicales: principio y fin de un estímulo o una alteración de la frecuencia. Por tanto, áreas distintas del cerebro procesan aspectos diferentes

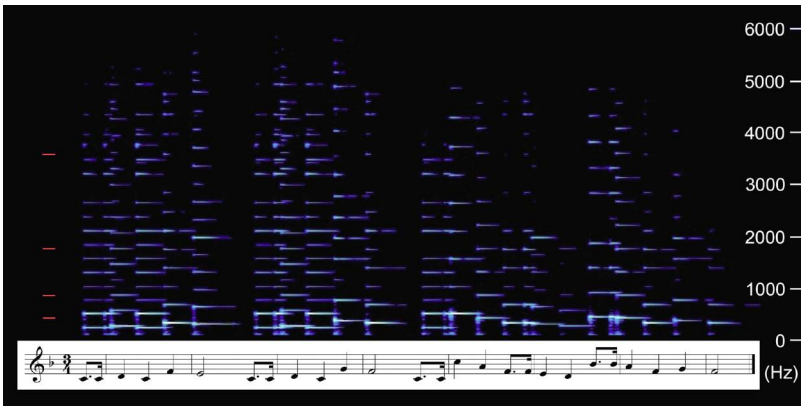
EL AUTOR

Eckart Altenmüller dirige el Instituto de Fisiología Músical y Medicina de la Música de la Universidad de Música, Teatro y Medios de Comunicación de Hannover.

tros, ante todo. Un ritmo resulta de la sucesión temporal de al menos tres sucesos. Nuestra canción comienza con un ritmo enérgico, de puntillo. Esto le otorga a *Cumpleaños feliz* un carácter festivo desde el principio, subrayado luego por los cuartos que progresan homogéneamente. El metro es el latido regular que subyace bajo una sucesión de tonos; aquí, el compás de tres por cuatro. Eso significa que no se trata de una marcha tosca, sino de una pieza dotada de carácter ligero, peculiar del minueto o incluso de un vals. Para que podamos percibir el ritmo y el metro, hemos de retener en la memoria los sucesos acústicos que guardan relación temporal y reconocer su orden.

Hay en *Cumpleaños feliz* bastante más que melodía, contornos, ritmos o metros. Amén de la disposición horizontal, la música posee una estructura vertical: los timbres y armonías de los tonos aislados y compuestos. El cerebro tiene que percibirlos en unos pocos milisegundos. Los timbres de las voces que están cantando se deben, por ejemplo, a ruidos y procesos de oscilación durante la formación del sonido, o a la combinación de los tonos superiores. Si escuchamos la canción a varias voces o con acompañamiento, percibimos la armonía al reconocer una relación numérica, la del número de oscilaciones por unidad de tiempo. Las relaciones sencillas de oscilaciones suelen ser más agradables al oído que las complejas. Estas sensaciones son subjetivas, difieren de una cultura a otra y cambian en el curso del tiempo.

Escuchamos, por último, la estructura dinámica de *Cumpleaños feliz*. La dinámica vertical marca las relaciones entre los volúmenes dentro de un sonido. Reparte las distintas voces, resaltándolas en un primer plano o dejándolas en el trasfondo del espacio sonoro. La dinámica horizontal describe, en cambio, el transcurso de volúmenes dentro de un grupo de sonidos consecutivos. Provoca la segunda sentimientos de agrado.



HANS-CHRISTIAN JABUSCH

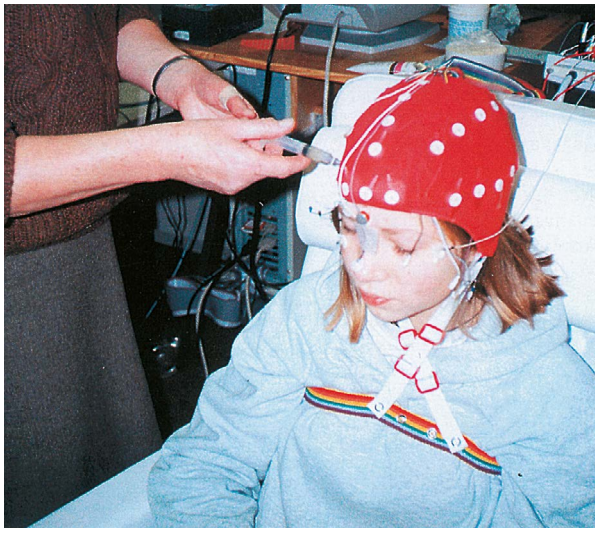
Melodía de *Cumpleaños feliz*: Las señales horizontales del espectrograma reflejan (*de izquierda a derecha*) los espectros de frecuencias de los tonos. La dinámica se indica mediante colores: los tonos tocados a un volumen más alto tienen colores más claros. Las distancias de las octavas están marcadas en rojo al margen izquierdo (el inferior es el diapasón *a* = 440 hercios).

de la misma información. La estación postrera de la vía auditiva es la corteza auditiva primaria sobre la circunvolución superior del lóbulo temporal, la circunvolución de Heschl. En esa área, muchas neuronas no reaccionan solo ante sonidos de senos puros, sino también ante polifonías o timbres.

¿En qué área cerebral percibimos la música?

A este nivel, los dos hemisferios cerebrales difieren. La corteza auditiva primaria del hemisferio izquierdo procesa sobre todo informaciones que se suceden con rapidez. En el derecho, en cambio, se elaboran aspectos de la frecuencia del sonido y timbres. Aunque la destrucción de la circunvolución de Heschl en ambos lados no comporta una sordera absoluta, sí se pierde con ello en buena medida la capacidad de distinguir sonidos temporalmente. El paciente ni entiende el lenguaje ni percibe la música.

Las áreas de audición secundarias están ubicadas en un semicírculo alrededor de la corteza auditiva primaria. Procesan patrones más complejos. Por delante, detrás y



ECKART ALTENMÜLLER

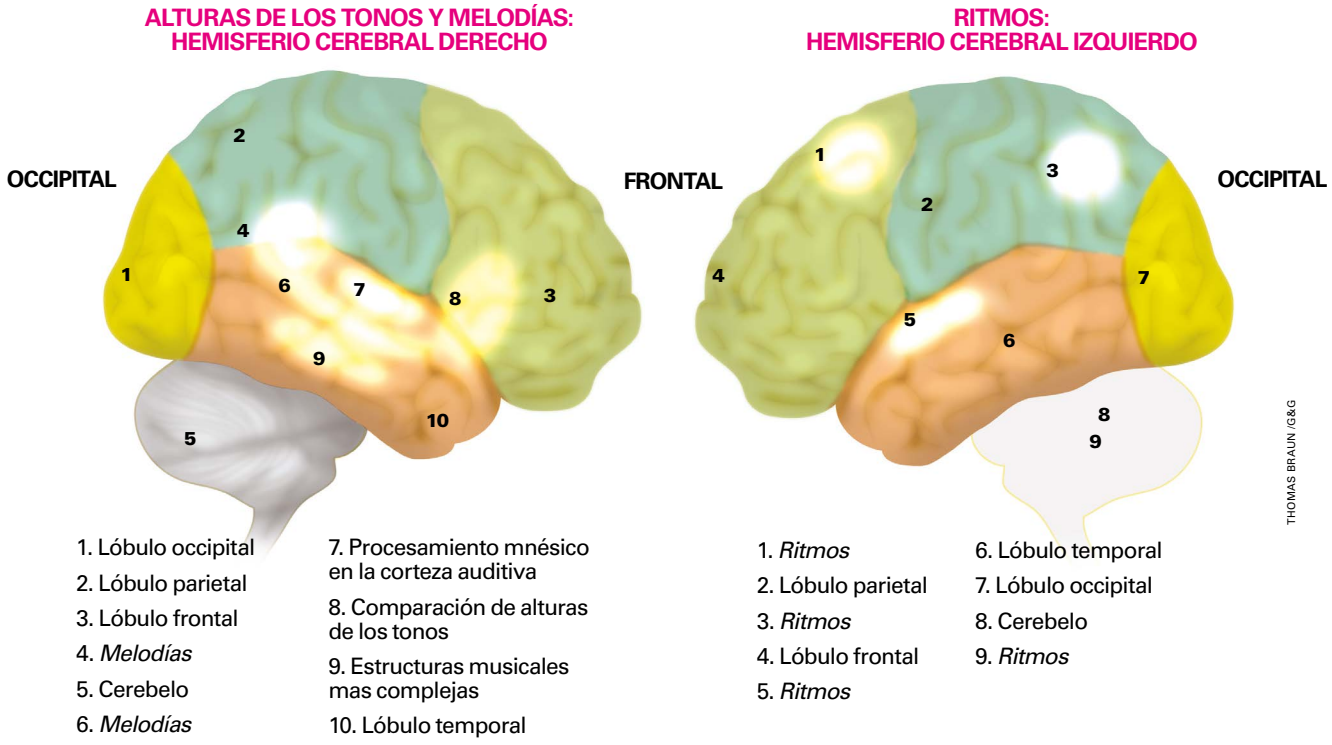
Un «gorro de baño» con 32 electrodos permite realizar el electroencefalograma. Para reducir al mínimo la resistencia de paso entre la piel y el electrodo se introduce un gel especial en el espacio intermedio.

¿Qué regiones de nuestro cerebro se activan cuando escuchamos música?

Cuando un profano compara distintas alturas de tonos, se activan en su cerebro el lóbulo frontal posterior derecho y la circunvolución del lóbulo temporal superior derecho. Según parece, la región frontal distingue las diferencias entre las alturas de los tonos, mientras que la memoria auditiva a corto plazo, que almacena tonos para compararlos, se encuentra en la región del lóbulo temporal. Las regiones intermedia e inferior de la circunvolución del lóbulo temporal intervienen ante estímulos turbadores prolongados entre dos tonos comparados. Allí procesamos las estructuras musicales complejas o que se han de almacenar por más tiempo. En los músicos profesionales, el hemisferio cerebral izquierdo desarrolla una actividad más intensa cuando distinguen las alturas de los tonos o perciben acordes. Ello significa que los profesionales, al escuchar tonos, desplazan de la derecha a la izquierda una parte del trabajo cerebral realizado.

Si en vez de prestar atención a los tonos o acordes aislados, consideramos melodías enteras, entonces activamos otras partes del cerebro: además de la corteza auditiva primaria y secundaria, intervienen regiones de asociación auditiva ubicadas en la circunvolución superior del lóbulo temporal. De nuevo, sobre todo, en el hemisferio cerebral derecho.

Cuando un profano procesa relaciones rítmicas sencillas (por ejemplo, la relación de las longitudes de los tonos 1:2:4 o 1:2:3) entran en acción las regiones premotrices y partes del lóbulo temporal del hemisferio cerebral izquierdo. Si las relaciones temporales son más complejas (1:2 o 5:3,5), se activan regiones premotrices y del lóbulo frontal del lado derecho. En ambos casos, interviene el cerebelo, en coherencia con su papel de «transmisor del tiempo». En cierto ensayo con alumnos de conservatorio se observó que las regiones más activas al diferenciar ritmos o metros fueron ciertas áreas del lóbulo frontal y del temporal del lado derecho. Es decir, cuando se trata de relaciones rítmicas, se produce una situación opuesta a la de alturas de tonos: personas no entrenadas musicalmente las procesan en el lado izquierdo; las entrenadas, en el derecho.



a los lados se encuentran las regiones de asociación auditiva. De ellas forma parte el área de Wernicke del hemisferio cerebral izquierdo, que cumple una función determinante en la percepción del lenguaje.

Se halla muy extendida la idea de que el lenguaje se procesaría en el hemisferio cerebral izquierdo y la música, en el derecho. Semejante interpretación reduccionista se recogía incluso en los manuales de medicina, pese a no contar con respaldo científico alguno.

La pesquisa del «centro de la música», es decir, del área del cerebro donde se procesa, comenzó en el siglo XIX. Los médicos de entonces solo podían basarse en el comportamiento de los pacientes que habían sufrido lesiones cerebrales para investigar. Tras identificar las

facultades resentidas (por ejemplo, la incapacidad de reconocer una canción), determinaban la asociación entre lesión y facultad. Por este método, sin embargo, únicamente podían reconocer una premisa para una capacidad concreta. No se alcanzaba a saber si intervenían otras regiones. Además, los pacientes presentan distintos comportamientos durante los primeros días e incluso semanas tras la lesión, puesto que el cerebro se reestructura y se adapta a las nuevas condiciones. Pese a todas las limitaciones, los neurólogos del siglo XIX determinaron con bastante precisión la ubicación cerebral del procesamiento del lenguaje. Reconocieron que en las personas diestras, el hemisferio cerebral izquierdo es el que procesa el lenguaje. Mas, debido a resultados contradictorios, no pudo establecerse cómo y dónde se asimilaba la música.

Las capacidades musicales podían verse mermadas por una lesión del hemisferio cerebral izquierdo u otra acaecida en el derecho. Tales carencias no solo aparecen cuando se encuentran afectadas áreas auditivas de los lóbulos temporales, sino también cuando el lóbulo frontal y las regiones parietales se encuentran afectados. Se descubrió, además, que ciertos aspectos parciales de la música (el timbre o el ritmo) no podían asignarse de una manera taxativa a un hemisferio en particular. Por si ello fuera poco, determinadas deficiencias resultan sumamente específicas: se es incapaz de procesar la estructura temporal o de asimilar la estructura melódica. De ello se desprende que las regiones cerebrales implicadas difieren en un caso y otro.

Las diferencias individuales que se aprecian en la coordinación entre características musicales y regiones cerebrales son mucho mayores que las deficiencias observadas en el procesamiento del lenguaje. Se comprobó esa discrepancia merced a diversas técnicas de análisis que resultaron de tests no estandarizados. Por su parte, en 1990 Isabell Peretz, de la Universidad de Montreal, puso de relieve la existencia de diferencias entre el escuchar «analítico» y el «global». A los pacientes con una lesión del hemisferio cerebral izquierdo les costaba distinguir melodías en las que se habían cambiado algunos intervalos (escucha analítica), mientras que a los dañados en la parte derecha les resultaba harto difícil diferenciar distintos contornos melódicos (escucha global). Peretz supone que el hemisferio cerebral derecho procesa la música de forma global y el izquierdo, de modo analítico.

Se trata de una hipótesis que no hemos podido corroborar. En pacientes que sufrieron un ictus en el hemisferio cerebral derecho o en el izquierdo, mi colega Maria Schupper y yo descubrimos un patrón de incapacidades muy heterogéneo. Por los síntomas observamos que la percepción de la música respondía a una organización jerárquica: la asimilación de intervalos y ritmos (escucha analítica) en el hemisferio cerebral izquierdo hacía presuponer que el derecho reconoce la melodía y el contorno melódico (características «globales»). Si está lesionado el hemisferio cerebral izquierdo, entonces los pacientes suelen percibir incorrectamente solo los ritmos o las sucesiones de tonos. En cambio, si la lesión se encuentra en el hemisferio derecho, no reconocen los contornos y sucesiones de tonos, o las métricas y los ritmos. Por ello suponemos que el hemisferio cerebral derecho responde, en un principio, a la estructura general de la música, tras la cual en el hemisferio cerebral izquierdo se realiza un análisis más detallado.

Aprender a escuchar

La aplicación a individuos sanos de técnicas modernas de neuroimagen para registrar la actividad cerebral arrojó una luz tenue sobre la anatomía y neurofisiología de la percepción musical. Lo mismo que en las investigaciones en pacientes, también aquí los resultados pecaron de confusos, cuando no contradictorios. La disparidad obedece, por un lado, a la complejidad del propio fenómeno musical; los distintos aspectos parciales (ritmos e intervalos, por ejemplo) se procesan en regiones cerebrales diferentes y, en parte, superpuestas. Por otro lado, su posición y extensión dependen, en buena medida, de las experiencias personales; varían mucho de un profano a un músico experto. A modo de regla empírica podemos establecer que las etapas tempranas de la percepción cerebral de la música (pensemos en la distinción de la altura del tono y del volumen) se desarrollan siempre en la corteza auditiva primaria y secundaria de ambos hemisferios cerebrales. Las etapas posteriores y el reconocimiento de patrones más complejos (la percepción de melodías y las estructuras temporales) ocurren en regiones cerebrales diferentes, al menos parcialmente, según la persona.

Se ha analizado también el oído absoluto. Por tal se entiende la capacidad que poseen algunas personas de identificar el tono que escuchan sin apoyarse en tonos comparativos. Los músicos con oído absoluto tienen en el hemisferio cerebral izquierdo una circunvolución del lóbulo temporal posterior superior más desarrollada. Según parece, lo mismo para el oído absoluto que para el engrandecimiento de esta región cerebral resulta determinante que el entrenamiento musical empiece antes de los 7 años de edad.

La plasticidad de la percepción musical se advierte a las pocas horas de entrenamiento. El equipo encabezado por Christo Pantev, de la Universidad de Münster, acometió un ensayo que consistía en exponer a un grupo heterogéneo de participantes ante una pieza musical de la que se habían eliminado determinadas gamas de frecuencias. Descubrieron una menor actividad selectiva en la corteza auditiva primaria y secundaria, en dicha banda de frecuencias, a las tres horas de entrenamiento. Por el contrario, el entrenamiento intensivo durante años lleva a una mayor actividad de las regiones cerebrales correspondientes. Estas regiones se modifican específicamente solo para instrumentos y necesidades musicales

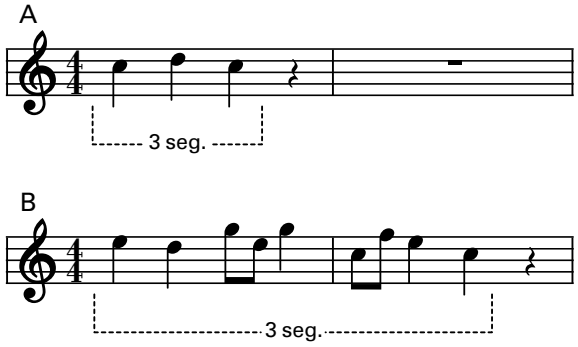
Sentimientos y música en el cerebro

Aunque la música se caracteriza por su capacidad de suscitar emociones intensas, hasta hace pocos años no había comenzado a investigarse esa virtualidad con técnicas de neuroimagen. Nuestro equipo ha estudiado la relación entre procesamiento cerebral de una pieza y el agrado con que los jóvenes reciben la misma. Si les gusta, se activan con mayor intensidad ciertas áreas del lóbulo frontal y del lóbulo temporal del hemisferio izquierdo; si no, intervienen las regiones equiparables del derecho. También participa intensamente el sistema límbico, relacionado con las emociones. Según comprobampos, la música agradable activó, además de algunas regiones del lóbulo frontal, el giro cingulado (circunvolución ubicada en el interior del encéfalo). La música disonante que desagrada conllevó, en cambio, la actividad del giro parahipocampal. Los arrebatos de alegría causados por la música se hallan relacionados con el sistema límbico de autorrecompensa.

concretos. En los trompetistas profesionales, por ejemplo, las reacciones de la estructura cerebral «musical» se intensifican ante tonos de trompeta, no ante tonos de violín.

También el oído direccional depende en buena medida de la práctica. Los directores de orquesta deben controlar el balance sonoro de toda la orquesta y, por ende, de los músicos sentados en los laterales. De hecho, son mejores que los pianistas a la hora de ubicar exactamente fuentes sonoras laterales. Además, al hacerlo sus neuronas auditivas desarrollan una mayor actividad.

Con la práctica, mejora también la capacidad de reconocer estructuras musicales; así, intervalos o ritmos. Por esa razón se imparte en los conservatorios la enseñanza de la «educación del oído». En varios estudios longitudinales, nuestro instituto analizó los cambios



Los participantes del experimento de aprendizaje tuvieron que tocar secuencias tonales cuya dificultad iba de mínima (*A*) a notable (*B*).

promovidos por las clases y la educación del oído en las regiones del cerebro que participan en la percepción musical. Gundhild Liebert y Wilfried Gruhn abordaron las consecuencias de un entrenamiento del oído de media hora en los alumnos. En el ensayo, 32 estudiantes diestros tenían que escuchar e identificar 140 acordes en modo mayor, modo menor, disminuidos o incrementados ofrecidos alternadamente. Los acordes sonaban durante dos segundos seguidos por otros dos segundos de «escucha interna posterior». A continuación, un grupo recibió un casete con unas clases normalizadas de educación del oído para reconocer mejor acordes disminuidos o incrementados. Mientras lo oían, el resto se dedicó a la lectura de un relato corto. Luego, todos volvieron a escuchar los mismos acordes que al principio, aunque en orden distinto. Durante las audiciones, se registraba la actividad neuronal mediante electroencefalogramas.

No solo cuestión de oído

A lo largo de la primera audición de los acordes, persistían activas las regiones de los lóbulos frontal y temporal de ambos hemisferios. En los participantes sin fase de educación del oído, la activación disminuía luego con la habituación. En el otro grupo, sin embargo, la educación del oído no solo les permitía reconocer mejor los acordes, sino también mantener una mayor actividad en las regiones cerebrales centrales que relacionan percepciones sensoriales con representaciones de movimientos; sobre todo, durante la fase de la escucha interna posterior. ¿Cómo explicarlo? Al preguntarles a los alumnos si habían utilizado una estrategia de audición, algunos contestaron que, después del entrenamiento, imaginaron los acordes en la mente mediante manos sobre el piano. Puesto que la inmensa mayoría de los discentes acostumbran educarse el oído en casa con el piano, tal vez las clases hayan fomentado que en el cerebro aparecieran tales representaciones: en la corteza cerebral se hallaría la información sobre la ejecución de un acorde al piano. Durante la fase de la escucha interna posterior, tales imágenes les ayudaron a identificar los tonos.

Así llegamos a un hecho crucial. El ser humano no solo percibe la música mediante la audición. Observamos la ejecución de la pieza en el concierto (percepción visual). Y en pasajes más vivos, sentimos vibraciones (activación táctil). Si nosotros ejecutamos la pieza, la percibimos como una sucesión de patrones de movimientos de las manos, es decir, de modo sensomotor; si la estudiamos, la captamos por vía simbólica. En cada una de estas modalidades podemos representar la música en el cerebro y almacenarla en el sistema de la memoria. Por lo tanto, si las representaciones sensomotrices ayudan a reconocer patrones de sonidos, entonces el cerebro tiene que traducir la música vivida en música oída. De hecho, los pianistas profesionales confiesan que, al escuchar una sonata, sienten los dedos y, a la inversa, oyen con el oído interno la pieza que ejecutan inconscientemente con los

dedos sobre la mesa. Al tocar un instrumento, nuestro cerebro siempre tiene que relacionar informaciones auditivas con datos sensomotores.

Al objeto de descubrir cuánto tiempo necesita el cerebro para establecer dichas relaciones, Marc Bangert midió en oyentes profanos la actividad del cerebro ante una doble situación: ora oyendo melodías de piano sencillas y cortas, ora tocando teclas de un piano mudo. Registraba su actividad cerebral al escuchar y al mover solo los dedos: dos patrones de actividad completamente distintos. A continuación se llevó a cabo una fase de ensayo, en la que los participantes escuchaban melodías sencillas y debían tocarlas después al piano. Esta vez podían oír lo que interpretaban. Concluida esa melodía, procedía con otra algo más difícil, hasta que los intérpretes no mostraban ningún avance. Por regla general, lograban tocar entre 20 y 30 melodías. De nuevo, Bangert registró la actividad cerebral al oír melodías de piano y al tocar un teclado mudo por separado. En total efectuó 11 de estas sesiones de entrenamiento con mediciones de la actividad cerebral a lo largo de varias semanas.

Cambios en la región del tacto

¿Qué resultados obtuvo? Al cabo de los primeros 20 minutos de tocar el piano empezaban a cambiar ligeramente los patrones de las regiones auditivas y táctiles. Tres semanas más tarde, las modificaciones se tornaban patentes; la región sensomotora participaba de forma automática con la audición sin que los individuos realizaran ningún movimiento con la mano. Si tocaban a continuación en teclados mudos, aparecía una interacción entre regiones auditivas adicionales del lóbulo frontal y del lóbulo temporal. Al terminar el experimento, esos pianistas principiantes presentaban patrones de actividad parecidos a los de los profesionales. Se sabe que en estos últimos, tales patrones son prácticamente idénticos cuando oyen música y la ejecutan sobre teclas mudas.

Vale la pena reseñar que, a las cinco semanas de entrenamiento con el piano, los cambios operados en la red neuronal, pasajeros en los inicios, empezaron a estabilizarse. En un participante comprobamos, un año más tarde, que persistían modificaciones de la actividad cerebral, a pesar de que no había vuelto a ponerse al piano desde entonces. Queda, pues, demostrado que el aprendizaje musical puede dar lugar a representaciones cerebrales adicionales; en este caso, la representación de los sonidos por movimientos de los dedos.

Nuestro sistema auditivo difiere de los demás sentidos en dos aspectos importantes. Por un lado, el oído es el órgano con menor cantidad de células sensoriales. Comparado con los más de cien millones de fotorreceptores que posee la retina humana, el oído interno solo tiene unas 3500 células ciliadas. A partir de esta escasa información del oído, el cerebro procesa los múltiples detalles de la percepción auditiva. Mas, por otro lado, el sentido del oído es, probablemente, el que puede educarse con mayor facilidad. Un proceso de aprendizaje que admite distintas pautas temporales, desde cuestión de segundos hasta muchos años.

¿En qué lugar exacto elabora nuestro cerebro la información musical? Si aceptamos que la música se percibe en distintas regiones cerebrales, diferentes según los individuos, habrá que concluir la imposibilidad de formular leyes generales. En sentido estricto, existirían unos seis mil millones de «centros de música» sobre la Tierra.

Ello no obstante, compartimos todos numerosos prenotandos de la percepción musical. Para descifrar las ondas sonoras, los humanos necesitamos un aparato sensorial en el oído interno, la vía auditiva del oído al cerebro y las circunvoluciones superiores del lóbulo temporal. Deberá ser, asimismo, de validez general la división del trabajo entre las circunvoluciones del lóbulo temporal izquierdo y del derecho: análisis temporal rápido en el izquierdo y asimilación de la altura de los tonos en el derecho.

Dentro incluso de las diferencias individuales en el procesamiento de la música existen algunos principios universales:

- El cerebro se adapta a lo aprendido, por lo que a los análisis temporales y de tonos sencillos se refiere, en las circunvoluciones superiores del lóbulo temporal.
- En contraposición a un oyente profano, en el cerebro de los músicos profesionales una misma pieza musical aparece representada varias veces: como sonido, como programa de movimientos (al piano), como símbolos (notas), etcétera.
- La forma en que una persona procesa la música viene determinada por la suma de todo lo que ha aprendido, es decir, por lo que podemos llamar la «biografía de aprendizaje» auditivo.

No podemos, por último, olvidar que también las emociones influyen en las redes neuronales del cerebro, ni que las representaciones de la música dependen del marco cultural correspondiente. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 1

PARA SABER MÁS

Die Musik in Geschichte und Gegenwart. L. Finscher. Bärenreiter, Basilea, 1995.

Das Wohltemperierte Gehirn. R. Jourdain. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1998.

How many music centers are in the brain? E. Altenmüller en *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 930, n.º 1, págs. 273-280, 2001.

ILUSIONES AUDITIVAS ¿Alguna vez se le ha metido una canción en la cabeza hasta llegar a taladrarle? Los científicos explican cómo librarse de los gusanos auditivos

La melodía interminable

SUSANA MARTINEZ-CONDE Y STEPHEN L. MACKNIK

Un universitario llegó al centro de salud con una queja fuera de lo común: la música se le había quedado atascada en la cabeza desde hacía tres años y ya no era capaz de hacerle frente. Los constantes «bucles musicales» y los fallidos intentos de terminar con ellos se encontraban ahora perennes en su mente, de modo que afectaban a sus estudios y actividades diarias. Temía estar volviéndose loco.

Todo empezó cuando todavía estaba en el instituto. Un día escuchó una canción pegadiza en la radio y de inmediato le preocupó que no podía quitársela de la cabeza. Un fragmento del estribillo comenzó a sonar en su mente una vez, y otra y otra más. El bucle repetitivo se mantuvo toda la tarde, hasta que se fue a la cama. Al levantarse, chequeó su mente en busca de la canción. Descubrió que todavía se encontraba allí, repitiéndose hasta el infinito. Más tarde empezó a escuchar en su cabeza fragmentos de otras canciones, pero también en forma de bucle. El silencio no existía para él.

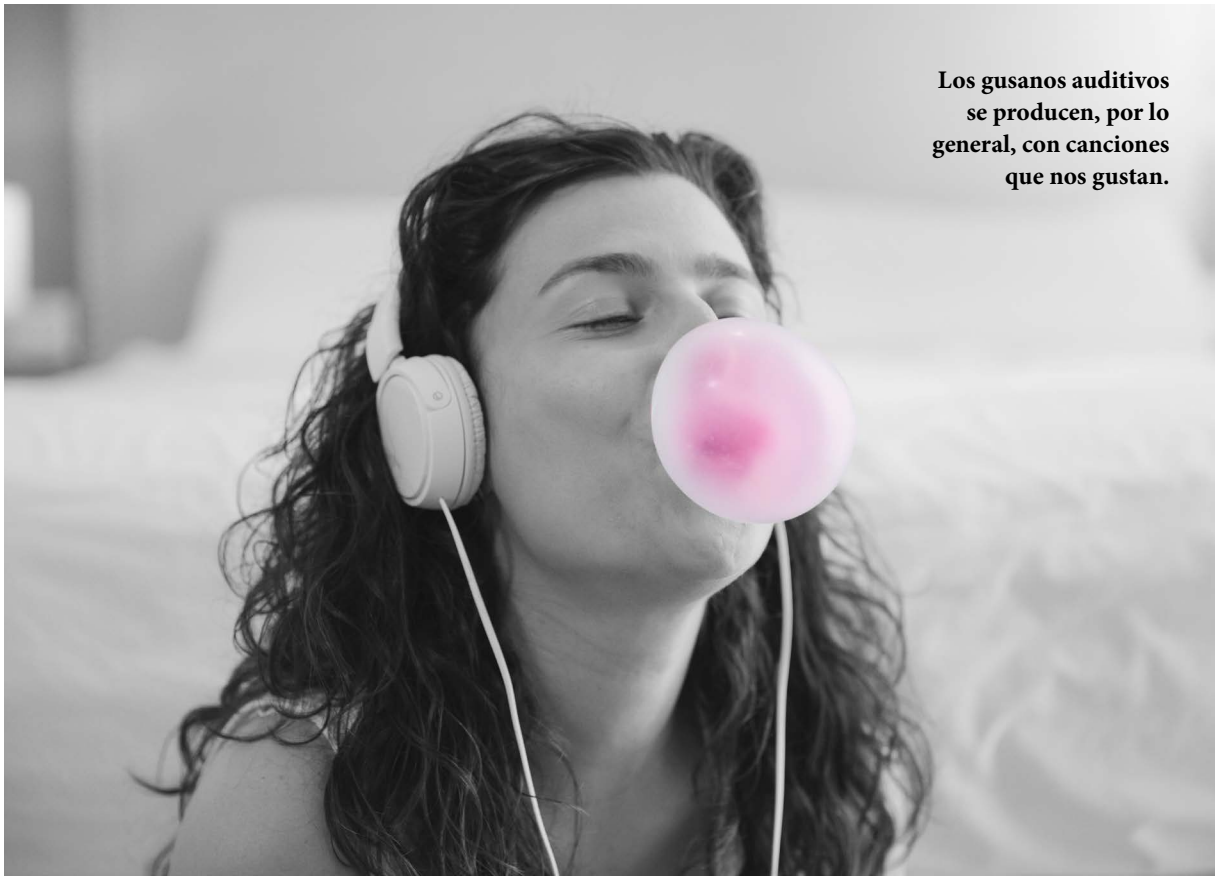
«Mi mente siempre se hallaba dividida en dos [...] Era como si estuviera viendo un espectáculo televisivo en el que los anuncios aparecen constantemente durante el *show*. Me preocupaba que los bucles pudieran aumentar de manera continua y ahogar mi sentido del yo. Pensé que me estaba volviendo loco y empleé toda mi fuerza de voluntad para razonar, argumentar, rezar y distraerme. Sin embargo, la música no cesaba.»

Según el psiquiatra que informó sobre el caso, Zaid Yusufi Rafin, la obsesión musical del estudiante constituía una rara manifestación, más exagerada y duradera, de los gusanos auditivos, es decir, las melodías que se introducen en nuestra cabeza sin que queramos e incluso en

LOS AUTORES

Susana Martinez-Conde y *Stephen L. Macknik* son catedráticos de oftalmología, neurología, fisiología y farmacología en el Centro Médico Downstate de la Universidad Estatal de Nueva York. Son autores del libro *Los engaños de la mente*, publicado por Destino.

GETTY IMAGES / RYANJLANE / ISTOCK



Los gusanos auditivos se producen, por lo general, con canciones que nos gustan.

GETTY IMAGES / MJPS / ISTOCK

contra de nuestra voluntad. Todo apuntaba a que el estudiante había desarrollado una forma de trastorno obsesivo-compulsivo, y el potente gusano auditivo anunciaba el primer síntoma. Tenía por entonces 19 años, y finalmente pudo reducir sus bucles auditivos hasta un nivel manejable con ayuda de la terapia cognitivo-conductual. Aún así, los síntomas empeoraban en las épocas de estrés.

Aparte de acudir al médico, ¿qué podemos hacer para librarnos de los gusanos auditivos más comunes? Explicamos algunas de las estrategias que ha descubierto la ciencia hasta ahora.

Buscar la canción entera

Los gusanos auditivos raramente constituyen una pieza de música completa. Por el contrario, suelen consistir en pequeños fragmentos que se repiten una y otra vez (por lo general, se trata del estribillo de una canción o de la parte de la melodía que la persona conoce mejor). Un estudio de 2014 llevado a cabo por Victoria Williamson, de la Universidad de Lucerna, y su equipo reveló que una de las respuestas más extendidas y efectivas para hacer frente a un gusano auditivo radica en buscar y completar la melodía que se repite. Los participantes afirmaron que habían averiguado el título de la canción y el nombre del cantante, o que escucharon el tema entero en lugar de limitarse a oír repetidamente el fragmento en su cabeza. Para desterrarlo por completo, algunas personas escucharon otra música inmediatamente después de terminar la melodía que generaba el gusano auditivo. Un lector de la página de noticias en línea *BBC News Magazine*, describe la estrategia de esta manera: «Intento cantar la canción como si estuviera actuando. La canto con placer y la termino con un gran final, con la esperanza de que eso "acabará" con ella».

Una «melodía curativa»

Williamson y sus colaboradores constataron asimismo que algunas personas utilizan canciones competidoras o «melodías curativas» para controlar sus gusanos auditivos.

Los gusanos auditivos rara vez constituyen una pieza de música completa

Los investigadores identificaron entre sus probandos 64 canciones de este tipo, de las cuales seis eran las más nombradas. Esa media docena de melodías fueron: *Cumpleaños feliz*, *God save the Queen* (los participantes eran británicos), el tema principal de la serie televisiva *El equipo A*, *Sledgehammer,* de Peter Gabriel, *Kashmir*, de Led Zeppelin y *Karma Chameleon*, de la banda Culture Club. En la mayoría de los casos, las canciones curativas inhibían los gusanos auditivos sin convertirse a su vez en «gusanos musicales». En las raras ocasiones en que eso sucedía, los afectados explicaban que preferían que en su mente permanecieran atascadas las melodías curativas que los gusanos auditivos originales.

El truco de distraerse

Nuestro cerebro es incapaz de prestar atención a más de un asunto a la vez, por ello, cualquier intento de multitarea está neuronalmente condenado al fracaso. Esta limitación puede convertirse en una cualidad más que en una desventaja cuando se trata de un gusano auditivo. Las estrategias exitosas para apartar la atención de los gusanos auditivos y centrarla en temas alternativos pueden ser o no ser de naturaleza musical, pero tienden a inclinarse hacia contenidos verbales. Así, algunos remedios efectivos incluyen medidas como la conversación, la meditación, la oración o, incluso, ver la televisión o leer.

Goma de mascar como alivio

El psicólogo C. Phillip Beaman y su equipo de la Universidad de Reading informaron en 2015 que mascar chicle de forma vigorosa reduce el número de pensamientos musicales no deseados. La investigación surgió bajo la hipótesis de que la acción de mascar podría interferir con la formación de las imágenes auditivas necesarias para experimentar un gusano auditivo. Al parecer, mascar chicle podría impedir la programación motora implicada en la articulación del habla y, por tanto, prevenir la subvocalización, es decir, el repetir mentalmente las palabras de la letra de la canción. Con todo, los científicos subrayaron que no cualquier actividad motora consigue reducir los gusanos auditivos. Según observaron, cuando los sujetos golpeteaban sus dedos sobre la mesa presentaban gusanos auditivos más persistentes que cuando masticaban goma de mascar.

Dejar que exista

Pese a la naturaleza involuntaria e intrusiva de los gusanos auditivos, por lo general, suelen experimentarse como placenteros, sostienen los investigadores. En 2010, Beaman y Tim Williams, también de la Universidad de Reading, examinaron a diario los gusanos auditivos de una serie de personas. Según concluyeron, un porcentaje reducido de bucles musicales interfería en las actividades cotidianas de los sujetos. Un estudio previo halló vínculos entre los gusanos auditivos y los estados afectivos positivos: , tanto antes como durante la experimentación de melodías interiores. Además, los gusanos auditivos se producen por lo general con canciones que gustan, y la mayoría no suenan durante mucho tiempo ni requieren especiales esfuerzos para suprimirlos.

En conclusión, si a usted le encanta su banda sonora interior, relájese y disfrútela mientras dure. Lo más probable es que desaparezca antes de que se dé cuenta. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 97

PARA SABER MÁS

The prevalence and nature of imagined music in the everyday lives of music students. Freya Bailes en *Psychology of Music*, vol. 35, págs. 555-570, 2007.

Earworms (stuck song syndrome): Towards a natural history of intrusive thoughts. C. Philip Beaman y Tim I. Williams en *British Journal of Psychology*, vol. 101, n.º 4, págs. 637-653, 2010.

Going gaga: Investigating, creating, and manipulating the song stuck in my head. Ira E. Hyman Jr. et al. en *Applied Cognitive Psychology*, vol. 27, págs. 204-215, 2012.

How do «earworms» start? Classifying the everyday circumstances of involuntary musical imagery. Victoria J. Williamson et al. en *Psychology of Music*, vol. 40, págs. 259-284, 2012.

Sticky tunes: How do people react to involuntary musical imagery? V. J. Williamson et al. en *PLOS ONE*, vol. 9, n.º 1: e86170, 2014.

Want to block earworms from conscious awareness? B(u)y gum!. C. Phillip Beaman, Kitty Powell y Ellie Rapley en *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* , vol. 68, págs. 1049-1057, 2015.

A 19-year-old with intrusive loops of music in his mind. Zaid Yusufi Rafin en *Psychiatric Annals*, vol. 46, págs. 671-673, 2016.

EN NUESTRO ARCHIVO

Neurología de la percepción musical. Eckart Altenmüller, *en este mismo número*.

El impacto del aprendizaje musical en el cerebro

JORDI A. JAUSET

GETTY IMAGES / LOSTINBIDS / ISTOCK

NEUROPLASTICIDAD La mayoría de las áreas cerebrales, tanto las corticales como las subcorticales, participan en el aprendizaje musical. Ello repercute en las diversas funciones cognitivas que soportan estas regiones, sobre todo, en el lenguaje oral

En síntesis: Más que puro entretenimiento

1 La música favorece la neuroplasticidad, sobre todo durante la infancia. Los niños que reciben clases de música se muestran más diestros en el aprendizaje del lenguaje, la lectura y las actividades visuoespaciales.

2 También mejora diversas funciones cognitivas, como la atención, la memoria y las funciones ejecutivas. De esta manera, modifica la estructura cerebral.

3 Pero, según se ha visto, no es suficiente con aprender música para beneficiarse de sus efectos en las funciones ejecutivas: se debe continuar practicando a lo largo de la vida.

Nos quedaríamos sorprendidos si durante unos instantes nos detuviéramos a analizar las tareas que efectúa un niño mientras aprende a tocar el piano: asimila la interpretación de dos códigos escritos en una partitura musical (clave de sol, para la mano derecha, y de fa en cuarta, para la mano izquierda), aprende a traducirlos a movimientos de los dedos de ambas manos con una determinada duración temporal, ensaya la expresividad (emoción) y memoriza los pasajes que ya ha interpretado para enlazarlos correctamente con los siguientes y que la melodía suene bien. En definitiva, lleva a cabo una serie de actividades visuales, cognitivas, motoras y emocionales que requieren gran atención, disciplina y constancia.

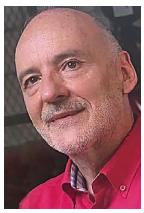
A nivel cerebral actúa el lóbulo frontal, que interviene en la atención, la planificación de la actividad motora, la integración de la información auditiva y motora, la imitación y la empatía. También se activa el lóbulo temporal, que se relaciona con el proceso de decodificación de la información sonora-musical, la memoria y la expresividad emocional. El lóbulo parietal entra asimismo en acción, pues procesa los aspectos somatosensoriales y espaciales y se encarga de la integración sensorial. Finalmente, el lóbulo occipital interviene sobre todo en los aspectos visuales (la lectura de la partitura, por ejemplo).

Las horas que se dedican a esas tareas y, con ello, la activación repetida y continua de miles de millones de neuronas, moldean la estructura cerebral: modifican las espinas dendríticas y el volumen de la materia gris y blanca de las áreas más activas. Las cortezas auditiva y motora, el cerebelo y el cuerpo calloso son algunas de las áreas cerebrales que presentan cambios, constató en 1995 un grupo dirigido por Gottfried Schlaug, por entonces en la Universidad Heinrich Heine.

Con todo, lo que quizá resulta más llamativo es que también actúa en áreas cerebrales que no se hallan directamente relacionadas con el procesamiento musical (entre ellos, el giro frontal inferior). Esas modificaciones son más acusadas cuando más temprano es el inicio del aprendizaje, antes de los 7 años, y cuantas más horas se dedican a ese arte. Pero vayamos por pasos.

En su globalidad, el aprendizaje de la música es tan impactante para el cerebro que sus efectos perduran incluso en estado de reposo. En 2012, Cheng Luo, de la Universidad de Ciencia Electrónica y Tecnología de China, junto con otros investigadores, observó que aumentaba la conectividad entre diversas áreas motoras y multisensoriales. Ello sugiere una mejora del procesamiento cerebral en su conjunto. Pero ¿hasta qué punto pueden transferirse las habilidades que se ejercitan en la música hacia otras capacidades cognitivas? Numerosos estudios han comparado el cerebro de músicos con el de personas sin esos conocimientos. Según han hallado, la música y el lenguaje oral comparten recursos cerebrales, por lo que potenciar el aprendizaje de la primera podría aportar beneficios al segundo.

En 2014, el profesor de psicología de la Universidad Tufts, Aniruddh Patel, concluyó que la práctica musical puede repercutir en el lenguaje y, más específicamente, en el proceso del habla. Según argumenta, la música y el habla comparten elementos comunes (símbolos, patrones rítmicos, melódicos y numéricos, entre otros), que resultan de procesos acústicos similares (tono, intensidad, timbre y duración) y que se estructuran en secuencias de sonidos temporales. De esta manera, los sustratos corticales y subcorticales involucrados en ambas capacidades comparten recursos neuronales. En otras palabras, no existen circuitos cerebrales diferentes para procesar el lenguaje y la música, aunque, según se ha visto, el cerebro sí dispone de módulos operativos



EL AUTOR

Jordi A. Jauset, doctor en comunicación y máster en psicobiología y neurociencia cognitiva, es profesor colaborador e investigador en la Universidad Autónoma de Barcelona. También es pianista y autor de diversos libros sobre los efectos de la música en la salud, educación y mercadotecnia.

que en algún caso coexisten con el lenguaje o el pensamiento matemático.

Musicales desde el nacimiento

Desde un punto de vista evolutivo, el cerebro humano desarrolló la capacidad musical mucho antes que la habilidad del lenguaje. Usó la música para crear y aprender a hablar. Un buen reflejo de ello son los bebés: con tan solo unos meses de vida responden al ritmo y a la melodía del lenguaje sin comprender el significado de las palabras. Así, cuando la madre o el padre le habla, no escucha palabras, sino música.

De hecho, las personas, sea cual sea nuestra procedencia, compartimos una «competencia musical universal». En pocas palabras, somos seres musicales desde que nacemos. Más tarde, aprendemos a hablar. Una de las características que participa tanto en la música como en el lenguaje es la prosodia (ritmo y entonación). La información que ofrece la prosodia es fundamental para el aprendizaje del lenguaje. Según se ha observado, los niños con dificultades lingüísticas presentan problemas en la percepción musical. De ahí que el ritmo y la melodía musical sean útiles tanto para el diagnóstico temprano de dichas dificultades como para la rehabilitación o corrección de esas deficiencias.

En 2016, Christina Zhao y Patricia K. Kuhl, dos investigadoras del Instituto para el Aprendizaje y las Ciencias del Cerebro (I-LABS) de la Universidad de Washington, publicaron en *Proceedings of the National Academy of Science* los resultados de un estudio en 39 bebés. Según concluyeron, la música mejoraba sus capacidades cognitivas potenciando el desarrollo de habilidades de percepción y favoreciendo el aprendizaje del lenguaje. Partieron de la hipótesis de que el aprendizaje de patrones rítmicos mejoraría el proceso del habla, pues la capacidad de detectar y extraer patrones rítmicos es básico para que los bebés aprendan a hablar. El estudio duró un mes, con tres sesiones semanales de 15 minutos. El grupo experimental, acompañado por los padres o cuidadores, jugaba mientras escuchaba y practicaba patrones rítmicos (terciarios) con instrumentos de percusión como, por ejemplo, las maracas. El grupo de control, a su vez, realizaba diversos juegos pero sin música, también acompañados de sus progenitores o cuidadores.

Al finalizar el mes, midieron la actividad cerebral de los niños mediante magnetoencefalografía mientras escuchaban ritmos en métrica terciaria. Los que habían experimentado con la música mostraron una mayor activación en la corteza auditiva y prefrontal, áreas relacionadas con el control de la atención y la detección de patrones. Las investigadoras concluyeron que las sesiones de juegos musicales habían influido en el aprendizaje de detectar patrones rítmicos.

Un año antes, la directora del laboratorio de cognición musical de la Universidad de Vanderbilt, Reyna Gordon, publicó en la revista *Developmental Science* junto con otros científicos que existía una correlación entre la percepción rítmica y las habilidades gramaticales. Ello sugiere que ambos procesos comparten sustratos neuronales. «[…] El ritmo y la gramática tienen en común que ambos evolucionan con el tiempo, y nuestro cerebro genera expectativas sobre lo que vendrá en base a lo que acaba-

Ya lo decía Platón

Durante la primera infancia, las bases del desarrollo intelectual y del aprendizaje son principalmente sensoriales y motrices, de manera que se desarrollan antes que el lenguaje. Según se ha comprobado, en estos procesos, la música desempeña un papel decisivo. Las canciones que se acompañan con movimientos favorecen el desarrollo de la coordinación cinestésica y el mental, al tomar consciencia de los movimientos del propio cuerpo.

La música es, por tanto, una disciplina fundamental en el proceso de educación integral y de formación en la etapa preescolar. Además, favorece aspectos sociales y de integración en el grupo. Pero esa idea no es nueva. Platón (427-347 a.C.) ya defendía en su obra *República* que la música constituye un instrumento fundamental para la educación. También Aristóteles (384-322 a.C.), uno de sus más destacados discípulos, apuntaba en su escrito *Política* que la música era una de las cuatro columnas del aprendizaje.

Pláton en la pintura *La escuela de Atenas*, del artista Rafael.

LA ESCUELA DE ATENAS (DETALLE), RAPHAEL, 1509 / DOMINIO PÚBLICO

Múltiples tareas

La interpretación musical al piano, o de cualquier otro instrumento, requiere numerosas actividades que, a su vez, ponen en funcionamiento una serie de capacidades y de regiones cerebrales. Las habilidades van desde la lectura atenta de la partitura (*1*), la ejecución y coordinación motora de los dedos de ambas manos (*2*), pasando por la identificación y el análisis de tonos y armonías (*3*), la expresión de emociones (*4*), hasta la memorización de los pasajes (*5*) que ya se han interpretado. Múltiples áreas cerebrales se ponen en marcha para ello.

GETTY IMAGES / VEDAT SENTURK / ISTOCK

mos de escuchar», describía Gordon. En su estudio intervino un grupo de 25 niños (13 niños y 12 niñas) con una edad media de 6,6 años y sin formación musical. La evaluación se basó en unas pruebas de identificación de ritmos musicales y otras de habilidades gramaticales.

Influencia en las habilidades lectoras

La competencia lectora es fundamental para el aprendizaje y la adquisición de conocimiento. Por esa razón, diversos investigadores han analizado su posible relación con la enseñanza musical. En 2008, Brian A. Wandell, de la Universidad Stanford, junto con otros investigadores, trabajó con 49 niños entre los 7 y 12 años de edad. Se les asignó diversas disciplinas artísticas: música, arte visual, teatro y danza con el fin de comprobar si existían diferencias en la comprensión lectora que pudieran atribuirse a la actividad en particular. Constataron que la mayor correlación se daba entre la música y la comprensión lectora de los niños. Otros estudios posteriores, entre ellos el dirigido por Hugo Cogo-Moreira, de la Universidad Federal de Sao Paulo, coinciden en que la percepción del ritmo musical contribuye a la mejora de los niños con dislexia.

Los beneficios para la lectura también se han comprobado a nivel cerebral. Robert Desimone, director del Instituto para la Investigación del Cerebro del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) llevó a cabo, junto con otros colegas, un estudio con 74 niños de entre 4 y 5 años de una escuela de Pekín. Los dividieron en tres grupos: unos recibieron 45 minutos de clases de piano durante tres días a la semana; otros participaron en clases extra de lectura con la misma duración y periodicidad, y los del tercer grupo no efectuaron ninguna actividad extra.

Al cabo de seis meses, exploraron mediante electroencefalografía (EEG) el cerebro de los jóvenes mientras realizaban diversos tests de discriminación de palabras en mandarín. La EEG reveló una mayor actividad en el cerebro de los niños del grupo musical en comparación con los otros participantes mientras escuchaban una serie de tonos. La mayor sensibilidad a las diferencias tonales les facilitaba distinguir los sonidos de las distintas palabras habladas: en los diversos tests de discriminación auditiva, aquellos que habían asistido a clases de música lograron mejores resultados que los del grupo de lectura. Por ejemplo, eran capaces de discriminar palabras que diferían solo en una consonante. Ambos grupos (el musical y el lector) obtuvieron mejores resultados que los niños que no habían recibido una formación especial. Cabe destacar que en el idioma mandarín, una correcta discriminación de los sonidos resulta fundamental, pues fomenta una consciencia fonológica imprescindible para aprender a leer.

La educación musical es al menos tanto o más beneficiosa que las lecciones de lectura para mejorar las habilidades lingüísticas, concluyeron los autores del estudio.

Atención y capacidades visuoespaciales

El aprendizaje musical ejerce, además, un efecto positivo en la memoria y la atención de los niños. Laurel Trainor, profesora de psicología, neurociencia y conducta de la Universidad McMaster, confirmó este efecto en un grupo de 12 niños con edades comprendidas entre los 4 y los 6 años tras un año de seguimiento de su aprendizaje musical. Mediante técnicas de magnetoencefalografía (MEG) y diversas pruebas de música y de memorización constató que, a los cuatro meses, los alumnos obtenían puntuaciones superiores en las pruebas de memoria en comparación con los niños que no iban a clases de música (grupo de control). Las neuroimágenes revelaban una actividad más robusta en las cortezas temporal y prefrontal ante estímulos vocales y musicales.

Dichas diferencias indican que la intervención musical mejora la detección y predicción de los patrones auditivos, herramientas importantes en la música y el habla, concluyeron en 2012 los investigadores. Subrayaron, además, la importancia de la educación musical durante los primeros años de vida, fundamentales en el desarrollo y crecimiento neuronal.

Uno de los primeros hallazgos que relacionó la escucha musical con la mejora de las capacidades visuoespaciales recibió el nombre de «efecto Mozart» [*véase* «Efecto Mozart», por Ralph Schumacher; Mente y Cerebro n.º 24, 2007]. La psicóloga Frances Rauscher y su equipo de la Universidad de California en Irvine publicaron el estudio en 1993 en *Nature*. Desde entonces, el experimento se ha repetido numerosas veces, pero los resultados no siempre han coincidido. En algunos casos, se han detectado asociaciones positivas, pero en otros no. Un metanálisis llevado a cabo por Louise Hetland, de la Escuela de Arte y Diseño de Massachussetts, y publicado en 2000, ofreció resultados contradictorios: solo cinco investigaciones de un total de quince confirmaban una correlación positiva, más acusada en niños de entre 3 y 5 años que en los de edades superiores.

En la actualidad, se sabe que escuchar determinadas obras musicales favorece las capacidades visuoespaciales, aunque de forma temporal: solo por unos pocos minutos. Mas ese efecto no se atribuye a ningún compositor en concreto, sino a los mecanismos emocionales y cognitivos que se originan al oír una canción que se ha seleccionado personalmente y que resulta placentera y agradable. Ello optimiza los recursos cognitivos, lo que repercute en una mejora temporal de las capacidades visuoespaciales.

La música incrementa también la reserva cognitiva. Ese fenómeno resulta beneficioso sobre todo a edades adultas, ya que retarda la neurodegeneración, de manera que ayuda a preservar la calidad de vida en la adultez y en la vejez.

Beneficio para las funciones ejecutivas

¿Puede mejorar el aprendizaje musical las funciones ejecutivas? Con el fin de comprobarlo, Artur C. Jaschke, Henkjan Honing y Erik J. A. Scherder, de la Universidad de Ámsterdam, examinaron a lo largo de dos años y medio las capacidades de inhibición, planificación y memoria de trabajo de 146 niños, con una edad media de 6,4 años. Los dividieron en tres grupos según la actividad que realizaban: musical, visual o ninguna. Los investigadores desconocían a qué grupo pertenecían los niños (investigación a simple ciego). Cada seis meses, los experimentadores llevaban a cabo una evaluación neuropsicológica para comprobar la inteligencia verbal y las funciones ejecutivas.

Las puntuaciones del grupo musical en las pruebas de inhibición, planificación e inteligencia verbal aumentaron a lo largo del tiempo. Ello apuntaba a una influencia positiva de la música a largo plazo en las funciones ejecutivas, afirmaron en 2018 los científicos en *Frontiers in Neuroscience*. Ahora bien, el grupo de artes visuales consiguió un mayor rendimiento en tareas de memoria visuoespacial en comparación con los otros participantes; incluso por encima de los que recibían clases de música.

Los estudios que hemos comentado hasta ahora muestran que existe una correlación entre diversas capacidades cognitivas y el aprendizaje musical, pero ¿influye la edad de inicio de la práctica musical en el efecto sobre las funciones ejecutivas? Kirsten E. Smayda, Darrell A. Worthy y Bharath Chandrasekaran, de la Universidad de Texas en Austin, se plantearon esta pregunta. La duda es razonable, pues la maduración de las redes neuronales relacionadas con la toma de decisiones es más tardía que la sensomotora. En concreto, los investigadores se cuestionaban si los músicos que iniciaron su aprendizaje después de los 8 años mostrarían una superioridad en el

proceso de toma de decisiones con respecto a los que lo habían iniciado con anterioridad.

Los experimentadores distribuyeron a 69 personas, con edades comprendidas entre los 18 y 35 años, en tres grupos: los que iniciaron un aprendizaje musical antes de los 8 años y tenían más de ocho de experiencia en esa disciplina, los que comenzaron más tarde pero tenían los mismos años de experiencia musical, y los que no se ejercitaban en ese arte o tenían un máximo de dos años de experiencia musical.

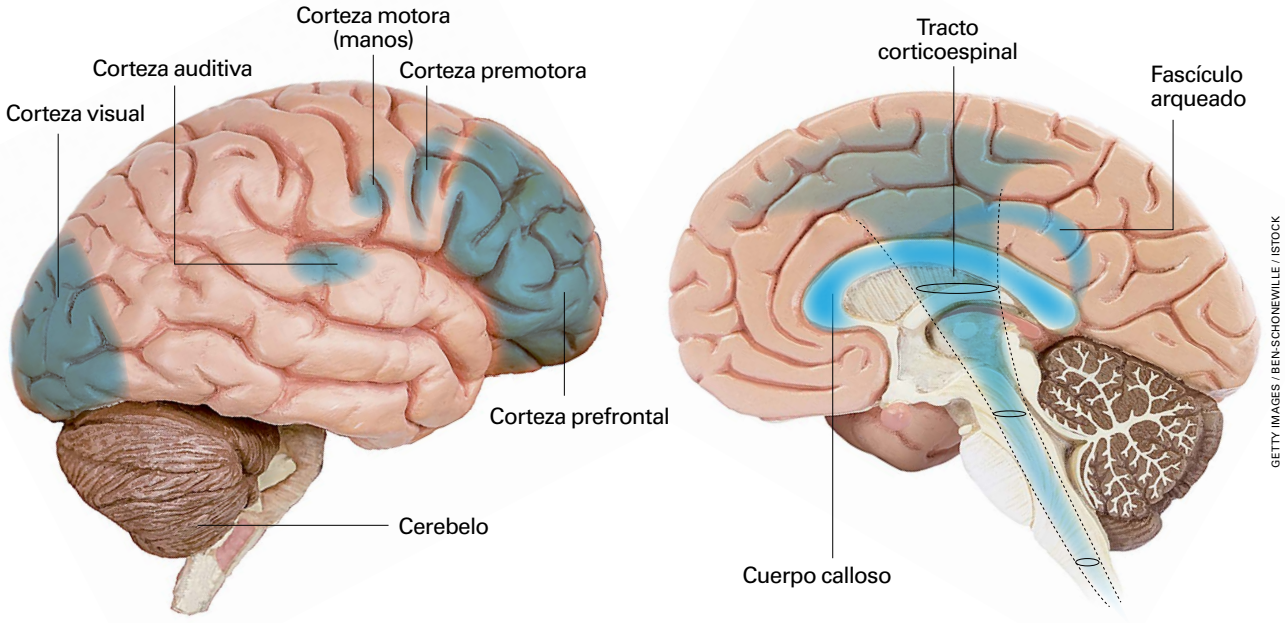
Para la evaluación de las capacidades ejecutivas, debían efectuar una tarea que les obligaba a tomar una serie de decisiones. También resolvieron diferentes pruebas neuropsicológicas sobre la atención y el control de inhibición. Los resultados finales revelaron que el grupo que había iniciado el aprendizaje musical después de los 8 años consiguió mayores puntuaciones. Ello confirmaba la tesis inicial de los investigadores.

El neurocientífico John R. Iversen, de la Universidad de California en San Diego, asegura que la música influye en el desarrollo de ciertas habilidades en los niños y defiende la necesidad de que las escuelas implementen la formación musical para favorecer el aprendizaje de los más jóvenes. Basa su argumentación en un estudio que llevó a cabo con 200 escolares de primaria: a lo largo de cinco años evaluó los cambios en la estructura cerebral y las habilidades cognitivas emergentes. Halló que la música favorece la liberación de dopamina en el cerebro y fomenta la creación de estímulos que activan el circuito cerebral subcortical del sistema límbico, mejora el funcionamiento cognitivo y el aprendizaje, así como la integración sensorial, el desarrollo de las habilidades

Cambios en la estructura cerebral

La práctica musical, en sus distintas facetas (canto, danza e interpretación instrumental) constituye una herramienta estimulante que favorece la neuroplasticidad, un proceso básico para la memoria, el aprendizaje y la adquisición de habilidades motoras y cognitivas. Cuando aprendemos se crean conexiones, las cuales se fortalecen y consolidan mediante el hábito o la disciplina de la repetición, según la conocida regla de Donald Hebb (1904-1985). Este neuropsicólogo descubrió que el valor de una conexión sináptica se incrementaba si las neuronas de ambos lados de la sinapsis se activaban repetidas veces de forma simultánea [*véase* «Sincronización y aprendizaje», por Christian W. Eurich; Mente y Cerebro n.º 5, 2003].

Las técnicas de exploración cerebral apuntan en la misma dirección: muestran que en el cerebro de los músicos se producen cambios tanto en volumen como en densidad de materia gris (soma neuronal) y blanca (axones) en distintas áreas. En la gráfica se indican las principales regiones del encéfalo en las que suceden tales modificaciones.



GETTY IMAGES / BEN-SCHONEWILLE / ISTOCK

individuales, sociales y cooperativas, y el aumento de la creatividad y de la autoestima.

Duración de las mejoras

Otra cuestión interesante es la durabilidad de los efectos detectados. ¿Perduran los cambios positivos en las funciones cognitivas a lo largo de toda la vida, con independencia de la práctica musical? ¿Qué ocurre si se ejercita música durante diez años y después se abandona su práctica? Estas preguntas fueron el objeto de estudio de Jessica V. Strong y Allison Midden, del centro clínico New England de Boston y de la Universidad de Louisville. Para su investigación, que publicaron en 2018 en la revista *Psychology of Music*, contaron con 58 músicos con una edad media de 72,5 años. Formaron tres grupos: el primero estaba constituido por 32 músicos en activo; el segundo, por 12 no activos, y el tercero, por 14 personas no expertas en música. La hipótesis estribaba en que los músicos (tanto los activos como los inactivos) conseguirían mejores resultados que los participantes del tercer grupo en las evaluaciones relativas a aspectos lingüísticos y funciones ejecutivas.

Evaluaron las distintas capacidades cognitivas mediante pruebas estandarizadas sobre atención, velocidad de procesamiento, memoria operativa, funciones ejecutivas, fluidez verbal y habilidades visuoespaciales. Además, pidieron a los sujetos que respondieran un cuestionario sobre sus hábitos relacionados con la actividad física, las relaciones sociales, la formación musical y la calidad de vida en general.

Las puntuaciones en las pruebas cognitivas de los músicos en general fueron superiores que las de los sujetos no expertos en música. A su vez, el análisis de los tests sobre las funciones ejecutivas reveló un dato llamativo: si bien el grupo de músicos activos obtenía las máximas puntuaciones, los participantes del grupo no musical superaba a los músicos inactivos en algunos aspectos. ¿Conclusión? No es suficiente con haber aprendido música para beneficiarse de una mejora en las funciones ejecutivas, sino que se debe seguir practicando.

Un regalo para el cerebro de los alumnos

El aprendizaje musical, pues, influye en la neuroplasticidad, ya que, como hemos visto, actúa sobre una diversidad de áreas cerebrales relacionadas con actividades no específicamente musicales, en las que subyacen funciones relacionadas con las capacidades cognitivas, verbales, motoras y sociales de sus intérpretes. Por ello, los investigadores coinciden en sugerir que la música es un instrumento eficaz para la educación, además de ser un potente reforzador neuronal, contribuye a un adecuado desarrollo cerebral. Ello podría ayudar a disminuir el mal denominado «fracaso escolar».

Tal como señalaba en 2017 Alicia Peñalba, profesora de la Universidad de Valladolid, en su artículo «La defensa de la educación musical desde las neurociencias», no debemos caer en el error de pensar que la educación musical solo sirve para vehiculizar otros aprendizajes, pues la música, *per se*, tiene su propio valor educativo.

La música, en todas sus manifestaciones, es posiblemente uno de los mejores regalos que podemos hacer a nuestro cerebro, ya que lo hace funcionar de manera más eficiente. Sin olvidar que nos lo pasamos bien con ella. ¿Qué más podemos pedir? La investigación continúa. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 101

PARA SABER MÁS

Music, language, and the brain. Aniruddh D. Patel. Oxford University Press, 2010.

The child as musician: A handbook of musical development. (2.ª ed.) Gary E. McPherson (ed.). Oxford University Press, 2016.

The Oxford handbook of music psychology. (2.ª ed.) S. Hallam, I. Cross y M. Thaut (eds.). Oxford University Press, 2016.

Musical intervention enhances infants neural processing of temporal structure in music and speech. T. Ch. Zhao y P. K. Kuhl en *PNAS*, vol. 113, n.º 19, págs. 5212-5217, 2016.

¿La música distrae? Neuromúsica y educación. Jordi A. Jauset Berrocal. Círculo Rojo, 2017.

Longitudinal analysis of music education on executive functions in primary school children. C. Jaschke Artur, Honing Henkjan y J. A. Scherder Erik en *Frontiers in Neuroscience*, vol. 12, 2018.

Cognitive differences between older adult instrumental musicians: Benefits of continuing to play. J. V. Strong y Al. Midden en *Psychology of Music*, vol. 48, n.º 1, págs. 67-83, 2018.

EN NUESTRO ARCHIVO

Neurología de la percepción musical. Eckart Altenmüller, *en este mismo número*.

Música y cerebro. Norman M. Weinberger, *en este mismo número*.

El cerebro y la música contemporánea. Emmanuel Bigand, *en este mismo número*.

EMOCIONES La música suscita emociones moduladas por diversos parámetros, como el tempo o el modo, mayor o menor. El estudio de estos parámetros hace posible la identificación de los efectos psicológicos producidos: ira, alegría, tristeza o sosiego

Emociones musicales

SANDRINE VIEILLARD

Paseamos sin rumbo por los barrios antiguos de la ciudad. El tiempo, primaveral, hace amable la caminata. De pronto, los sonidos de una flauta dulce nos envuelven con la claridad de su timbre; una grata sensación se apodera de nosotros al pasar frente al músico callejero. El corazón nos late un poco más fuerte y del cuello arranca un leve estremecimiento que nos corre por la espalda. Le sonreímos al músico, cuyos sones nos acompañan hasta la esquina de la calle. El sonido de la flauta ya es muy débil; aun así, seguimos paladeando la emoción sentida. ¿A qué se debe que esas notas nos hayan sumergido en tan beatífico estado? Los neurobiólogos que estudian las emociones que provoca la música están empezando a penetrar en su potencia y en sus funciones.

Tales emociones son fruto, a la vez, de la experiencia personal y de un placer universal. No solo evocan recuerdos, sino que tienen, además, traducción en manifestaciones corporales: quizás un estremecimiento o la alteración del ritmo cardíaco. La emoción musical es un diálogo, una comunicación no verbal; en este caso, entre el paseante y el flautista. El placer que suscita regula comportamientos afectivos (pensemos cuántas veces hemos sentido la necesidad de música para relajarnos).

En pocas palabras, la música influye en nuestra vida afectiva, pesa sobre nuestras emociones. Vamos a examinar aquí de qué modo perciben los oyentes, sean músicos o individuos sin experiencia musical, unas mismas emociones musicales (gozo, tristeza, serenidad, etcétera) y en qué medida está fundado tal juicio en parámetros

En síntesis: Música, cerebro, mente y cuerpo

1 La emoción musical es una comunicación no verbal. El placer que suscita regula comportamientos afectivos.

2 Las respuestas emocionales a la música son reproductibles entre diferentes personas y momentos.

3 La música produce en los humanos respuestas fisiológicas cuya amplitud depende del contenido emocional.

GETTY IMAGES / DAMIR KHABIROV / ISTOCK

musicales, como el tempo, que son percibidos incluso por niños muy pequeños. Veremos, por último, en qué medida las lesiones cerebrales que privan a los pacientes de sus capacidades musicales (que les vuelven incapaces de reconocer, por ejemplo, las tonadas infantiles) ayudan a los neurobiólogos a explicar la formación de las emociones musicales.

El estudio experimental de la capacidad de evocación emocional de la música es reciente. Las emociones han permanecido largo tiempo sin explorar por los estudiosos de la cognición, pues estos eludían abordar los aspectos irracionales del comportamiento humano. ¿Acaso no postulaba Descartes que, para penetrar en los secretos de la razón, era necesario excluir antes la pasión? Este principio ha influido desde hace mucho en la forma de articular los conceptos de emoción y de cognición: se presumía que la cognición se encargaba de la gestión de los procesos conscientes de alto nivel, mientras que la emoción correspondía a mecanismos incontrolables, regidos por el sistema nervioso central.

Se suponía, además, que la cognición y las emociones eran independientes. Sabemos ahora, merced sobre todo a los trabajos del neurobiólogo Antonio Damasio, de la Universidad de Iowa, que la cognición y la emoción se hallan íntimamente vinculadas, y que los aspectos emotivos desempeñan un papel determinante en los comportamientos racionales de toma de decisiones.

Zócalo de la cohesión social

Quienes niegan valor al estudio de las emociones musicales oponen a menudo que la experiencia emocional sea específica de cada oyente y, además, variable de una audición a otra. Sin embargo, la investigación revela que los juicios emocionales de distintos oyentes, aunque fundados en su historia personal y en su peculiar sensibilidad estética, no dependen solo de factores individuales. En un estudio dirigido por Emmanuel Bigand y sus colaboradores del Instituto de Investigación y Coordinación Acústica-Música de París, y del Laboratorio de Estudio del Aprendizaje y del Desarrollo de Dijon, se le presentó a un grupo integrado por músicos y por individuos sin formación musical una colección de 27 extractos de música clásica. Las piezas se habían seleccionado con el fin de suscitar en los oyentes determinadas emociones básicas, como la alegría, la tristeza, la ira o el sosiego, así como otros estados emocionales más sutiles, que difícilmente podríamos clasificar en la categoría de estas emociones de base.

Dichos extractos estaban asociados a pequeños iconos representados en la pantalla de un ordenador. Los oyentes tenían que escuchar los extractos y, a continuación, reagrupar los fragmentos ante los que experimentaban el mismo tipo de emoción. Esta tarea les incitaba a definir categorías emocionales sin recurrir al lenguaje y, por consiguiente, sin verse obligados a utilizar un léxico emocional que, como es sabido, varía de unos a otros oyentes en función de su destreza musical y de sus aptitudes verbales.

Una vez realizada esta tarea de categorización libre, se invitó a los oyentes a volver dos semanas más tarde para efectuar un segundo test. Consistía este en repetir exactamente la misma tarea con los mismos fragmentos musicales que la primera vez, sin que estuvieran previamente informados.

Este procedimiento de test y repetición ha permitido demostrar que los juicios musicales de los oyentes, músicos y no músicos, son muy parecidos, y que los agrupamientos efectuados en una y otra sesiones son casi idénticos. Tales resultados demuestran la estabilidad de la percepción de las emociones musicales, lo mismo en el plano individual que entre distintos oyentes.

En consecuencia, las respuestas emocionales a la música son reproductibles de unos momentos a otros en una misma persona y entre individuos. Tales resultados coinciden con la idea de que las emociones musicales aseguran una función de coherencia social en una cultura dada. Y lo que es más, la utilización del lenguaje podría ser la causa de las diferencias individuales observadas.

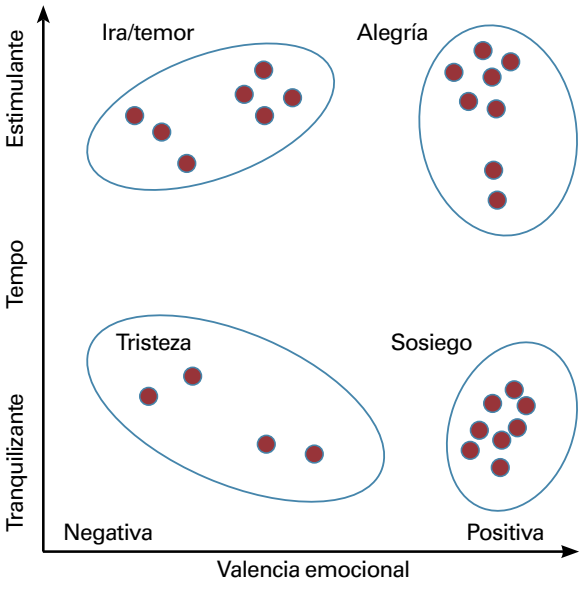
Tras esta experiencia, E. Bigand y sus colaboradores se han aprestado a describir la organización mental de las representaciones emocionales desencadenadas por la música y han puesto a prueba las principales dimensiones psicológicas en las que se fundan. El examen de las reagrupaciones emocionales ha demostrado que los oyentes reconocen las grandes categorías de la emoción, como la alegría, la tristeza, la cólera o la serenidad; se ha revelado, además, que perciben diferencias emocionales muy sutiles entre fragmentos que duran treinta segundos e incluso solo un segundo. Esta capacidad de reconocimiento muy rápido de emociones musicales lo constató Isabelle Peretz, del Laboratorio de Neuropsicología de la Música y de la Cognición Auditiva de la Universidad de Montreal.

Por último, el análisis de las reacciones de las personas ha permitido comprobar que los fragmentos se reagrupan atendiendo a su carácter positivo (que les confiere el modo mayor) o negativo (asociado al modo menor), es decir, de su valencia emocional. Recibe el nombre de modo una secuencia de notas sucesivas organizadas según un patrón definido de intervalos, patrón que difiere entre los dos modos, mayor y menor. A esta valencia emocional se suman las variaciones de umbral fisiológico (*arousal*), es decir, las modificaciones fisiológicas vinculadas a la dinámica musical. En efecto, los momentos de tensión musical pueden provocar una aceleración del ritmo

El espacio emotivo de la música

Para estudiar las emociones que la música suscita presentamos a los sujetos la audición de diversos extractos de música clásica occidental (en este caso, 27, representados por puntos en la figura), seleccionados para evocar emociones básicas, como la alegría, la tristeza, la ira o la serenidad, e incluso emociones más sutiles. Se solicitó a los participantes que agrupasen los extractos que les habían suscitado la misma emoción. El análisis matemático de los resultados revela reagrupamientos que ponen de manifiesto dos parámetros implicados en la expresión emotiva: el tempo y el modo. Se observa que los sujetos reagrupan los distintos extractos en cuatro categorías, que corresponden a las siguientes combinaciones: un modo menor y un tempo lento confieren al extracto una valencia emotiva negativa y una dinámica débil (tranquilizadora), que es percibido como «triste». Un modo menor y una dinámica estimulante evocan un sentimiento de ira o temor. Por el contrario, un modo mayor y un tempo estimulante resultan alegres o gozosos, y una música interpretada en modo mayor con un tempo lento es apaciguante.

Entre los extractos propuestos, *Muerte y transfiguración*, de Richard Strauss, fue clasificada en la categoría ira/temor; la *Sinfonía italiana* de Félix Mendelssohn evocaba alegría; el *Concierto para violín* de Brahms suscitó apaciguamiento y el adagio de la *Sinfonía n.º 15* de Dmitri Shostakovich, tristeza.



cardíaco. Las dimensiones de valencia y las variaciones de umbral fisiológico permiten prever la emoción comunicada: un fragmento lento y suave suscita, por ejemplo, apaciguamiento o sosiego.

Para estudiar las emociones musicales se recurre a piezas que posibiliten el control de un pequeño número de factores musicales presuntamente importantes en la expresión y la percepción de emociones. ¿De qué modo podremos sacar a la luz lo que determina el carácter emocional de la música? Según una de las principales teorías que se han propuesto, las emociones nacen de las expectativas musicales determinadas por los momentos de tensión y de relajación que se suceden en las piezas de música clásica occidental. La psicología cognitiva, para precisar esta hipótesis, ha estudiado cuáles son los elementos estructurales que determinan la expresión de las emociones.

Las primeras aproximaciones experimentales, realizadas en 1936 por Kate Hevner, de la Universidad de Indiana, demostraron que las relaciones de altura tonal de las notas (parámetros de modo), así como el tempo, constituyen índices esenciales para determinar si un aire musical es de carácter triste o alegre.

El grupo de Peretz ha analizado las respectivas aportaciones de los parámetros de tempo y de modo. En una fase de la investigación se repartieron unos mismos fragmentos entre cuatro situaciones experimentales. En dos de las situaciones aisladas se hacía variar, ora el modo, ora el tempo de melodías sencillas; en las otras dos se combinaban ambos parámetros, ya con la intención de evocar una misma emoción (un tempo rápido y un modo mayor contribuyen ambos a la expresión de la alegría, condición llamada convergente), ya buscando evocar emociones diferentes (un tempo rápido y un modo menor, la llamada condición divergente).

Los oyentes debían valorar en una escala de 10 puntos si el fragmento escuchado era de carácter triste o gozoso. Este tipo de juicios revela ser particularmente eficaz en la situación experimental, pues se ha demostrado que las emociones de alegría y tristeza son las reconocibles con mayor facilidad. Al proceder así, en condiciones de manipulación aislada, los dos factores de modo y tempo facilitan la identificación de la emoción. Por el contrario, cuando los dos parámetros son combinados y divergentes, los oyentes se valen del tempo para fundar su valoración emocional de las melodías. El tempo constituye una información más fácil de procesar que el modo, pues este implica el tratamiento de informaciones más abstractas (por ejemplo, los intervalos de altura musical).

Los datos anteriores dan testimonio de nuestra capacidad para detectar información emocional por medio de la música. Establecido este punto, nos preguntamos si ese tipo de capacidad se desarrollaba en las etapas iniciales del desarrollo o si requería un prolongado aprendizaje.

Los juicios musicales de los oyentes, músicos y no músicos, son muy parecidos

Una percepción precoz

De esa cuestión se ocupó el equipo de Peretz. En uno de sus estudios expusieron a niños de 3 a 8 años de edad a fragmentos de música en los que los factores de tempo y modo habían sido manipulados según se ha explicado (de forma convergente o divergente). Se pidió a los jóvenes participantes que dijeran si les parecía que la pieza era triste o alegre (para ello se utilizaron dibujos de rostros sonrientes o tristes). Sus valoraciones se cotejaron con las de los adultos. Los resultados revelaron que los juicios de los participantes de 6 a 8 años se dejan influir, lo mismo que en los adultos, por los factores de modo y de tempo. En los niños de 5 años, los juicios dependen solo del tempo, y en los todavía menores (entre 3 y 4 años), no parece que su respuesta esté guiada por ninguno de estos parámetros. Se deduce de aquí que el tiempo representa un índice perceptivo más importante y más rápidamente adquirido para el tratamiento de las informaciones emocionales que la música transporta. Tales observaciones confirman, además, la idea de que el tempo constituye un parámetro musical de fácil tratamiento.

Vemos, pues, que los niños identifican bastante pronto las indicaciones emocionales de la estructura musical; su percepción de tales índices aumenta al crecer. No obstante, ¿en qué medida influye la música sobre nuestro estado emocional? Peretz y sus colaboradores han investigado dicha cuestión registrando las reacciones fisiológicas de sujetos que escuchaban música. En el caso de reacciones emocionales (temor, alegría o tristeza), el sistema nervioso central responde con una aceleración del ritmo cardíaco o un aumento de la sudoración, el cual se detecta al medir la conductividad eléctrica de la piel (reacción electrodérmica). Tal conductividad se registró en oyentes a quienes se les pedía que valorasen si los fragmentos musicales expresaban miedo, alegría o serenidad. Según se comprobó, en los extractos que suscitaban temor o alegría, la reacción electrodérmica era más intensa que en los extractos correspondientes a tristeza o serenidad.

LA AUTORA

Sandrine Vieillard es catedrática de psicología cognitiva en la Universidad de París-Nanterre.

WIKIMEDIA COMMONS / DOMINIO PÚBLICO

En *El flautista de Hamelin*, el popular cuento alemán, la villa de Hamelin se halla infestada de ratas. Un flautista promete a los habitantes librarles de los roedores a cambio de una generosa recompensa. Toca su flauta de tal modo que todas las ratas le siguen hasta el río, ahogándose en él. Los villanos, sin embargo, se niegan a pagar lo prometido. El flautista vuelve entonces a tocar la flauta; todos los niños de la villa se van tras él, encantados por el sonido del instrumento. Tal es la potencia de la música y de las emociones que suscita.

La música produce a buen seguro respuestas fisiológicas cuya amplitud parece depender del contenido emocional. El miedo y la alegría suscitan una fuerte reacción cutánea (sudoración). Y el umbral fisiológico se debe al tempo rápido y a la fuerte dinámica musical. En cambio, los fragmentos más lentos y menos dinámicos, que expresan la tristeza o la serenidad, no conllevan reacciones cutáneas.

El hecho de que esas reacciones cutáneas sean independientes de juicios subjetivos demuestra que el oyente no tiene necesariamente consciencia del efecto que la música produce en él, y deja entrever el poder de la música sobre nuestra conducta.

Otros estudios han mostrado que la música activa las mismas áreas cerebrales que las que intervienen en el tratamiento de las emociones. De aquí se sigue —y este punto es esencial— que la música no simplemente evoca emociones dependientes de la historia personal de cada uno, sino que las provoca de forma intrínseca.

En definitiva, los datos experimentales confirman que la música provoca una respuesta emocional que depende de la percepción de índices musicales (tales como los parámetros de tempo y de modo). Así, las emociones musicales dependen del tratamiento cognitivo de elementos de la estructura musical de una obra. Dicho de otro modo, las emociones musicales serían resultado de procesos cognitivos específicos.

Emoción sin reconocimiento

Este punto ha sido asimismo objeto de otro estudio del equipo canadiense que relaciona la actividad del cerebro y las reacciones conductuales en sujetos que presentan determinadas lesiones cerebrales. Los neurofisiólogos tratan de identificar las regiones cerebrales implicadas en la expresión de cada facultad cognitiva específica mediante el examen de la naturaleza y extensión de las lesiones observadas en pacientes que presentan deficiencias conductuales (dificultades en el habla, déficit de la capacidad de reconocimiento de melodías muy conocidas o de rostros familiares).

El vínculo establecido entre las áreas cerebrales lesionadas y las deficiencias reveladas por los tests cognitivos saca a la luz la organización y funcionamiento del sistema cerebral. La neuropsicología, a través del estudio del impacto de las lesiones cerebrales, busca acotar el funcionamiento cognitivo normal.

Examinemos el ejemplo de la amusia, que es la pérdida de las facultades que permiten procesar las informa-

ciones musicales. Por ejemplo, a consecuencia de un accidente cerebrovascular que lesionó ciertas áreas de las regiones frontales y temporales del cerebro, una paciente, a la que llamaremos I. R., ha dejado de poder tratar informaciones musicales. La mujer es incapaz de entonar con precisión una nota y no logra reconocer un fragmento de música que le era familiar antes del accidente. Sin embargo, no ha sufrido ninguna merma de la memoria a largo plazo, y da pruebas de auténtico placer al escuchar música. A pesar de su limitación, juzga sin dificultad el carácter triste o alegre de las melodías que ya no reconoce. Dicho con otras palabras, esta paciente es capaz de identificar emociones musicales, pese a su incapacidad de percibir determinados parámetros musicales. ¿Es posible, pues, que hayamos demostrado el papel de los parámetros de modo y de tempo en el juicio emocional?

Para comprender mejor la naturaleza de las dificultades de I. R., el equipo de Peretz exploró las bases perceptivas del juicio emocional. Se trataba de descubrir los índices musicales percibidos y utilizados por la mujer para decidir si un fragmento musical es triste o alegre. En un primer experimento, les fueron presentados fragmentos de música clásica tanto a la paciente como a personas sanas. Debían valorar el carácter triste o alegre de las piezas en una escala de 1 a 10. Nuestra voluntaria, al igual que los participantes sanos, distinguía perfectamente la alegría o la tristeza.

En un segundo ensayo, se procedió a modificar las propiedades musicales de modo y tempo. Ahora, todos los fragmentos tenían un tempo medio único; cada fragmento fue transcrito al modo opuesto al de su versión original (se pasó a modo mayor, si inicialmente estaba en modo menor, y al revés). Estos cambios simultáneos de tempo y modo cambiaron los juicios emocionales de I. R. en la misma medida que en los oyentes sanos. Paradójicamente, esta facultad parecía incompatible con otros resultados, indicativos de la grandísima dificultad de la paciente para decidir si dos fragmentos musicales eran idénticos o diferían en tempo. Por otra parte, la incapacidad de I. R. para reconocer una melodía que había oído previamente y que se le había presentado entre otras melodías nuevas, se hallaba en contradicción con el hecho de que se apoyase en el tempo y el modo para elaborar un juicio emocional.

En resumen, cada vez que la actividad de percepción implicaba un juicio emocional, I. R. se mostraba sensible a los parámetros musicales, siendo, al tiempo, incapaz de utilizarlos en las tareas que no implicaban un juicio emocional. Por otra parte, lo mismo que los sujetos sanos, la paciente discriminaba emociones sobre la base de fragmentos de 500 milisegundos. La actividad de reconocimiento de melodías —que requiere una duración que ronda en torno a 2500 milisegundos— es lenta con respecto al juicio emocional, particularmente rápido. Estos diferentes resultados inducen a pensar que las propiedades perceptivas necesarias para la evaluación emocional y el reconocimiento de melodías son de diferente naturaleza, y permiten suponer que el juicio emocional se efectúa a partir de una magra información.

¿Un circuito cerebral para la música?

Se trataba, pues, de explicar esta situación de emoción sin reconocimiento, es decir, comprender de qué modo I. R. distinguía presto las emociones musicales de tristeza o alegría y, en cambio, no lograba diferenciar dos melodías idénticas interpretadas en un modo o un tempo distinto.

Una de las hipótesis neurobiológicas propuestas postula la existencia de una vía cerebral específica de tratamiento de las emociones musicales. Esta vía, autónoma, permitiría a los oyentes reaccionar de inmediato ante los fragmentos musicales tristes o alegres. De resultar confirmada tal hipótesis, habría de modificarse nuestra concepción del tratamiento de las emociones musicales: la reacción emocional a la música resultaría ser inmediata e independiente de los procesos requeridos para reconocer los elementos de estructura musical.

¿Cabría deducir que la emoción posee un estatuto particular en el plano de las funciones adaptativas del organismo? ¿Qué función tiene la música, en cuanto objeto cultural, en el comportamiento humano? El arte musical, practicado desde antes de aparecer la agricultura, se encuentra profundamente anclado en la historia de la humanidad: no existen comunicaciones humanas sin actividad musical.

De acuerdo con una hipótesis propuesta para explicar la importancia social de la música, esta se encargaría de la cohesión social y de la «sincronización» del estado de ánimo, favoreciendo la preparación de las acciones colectivas. Tal sería el caso de la música militar o de la música religiosa. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 13

PARA SABER MÁS

Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. I. Peretz et al. en *Cognition*, vol. 68, págs. 111-141, 1998.

A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. S. Dalla Bella et al. en *Cognition*, vol. 80, págs. BI-BIo, 2001.

Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. S. Khalfa et al. en *Neuroscience Letters*, vol. 328, págs. 145-149, 2002.

Mode and tempo relative contributions to «happy-sad» judgements in equitone melodies. L. Gagnon e I. Peretz en *Cognition and Emotion*, vol. 17 (I), págs. 25-40, 2003.

Multidimensional scaling of emotional responses to music: The effect of musical expertise and of the duration of the excerpts. E. Bigand et al. en *Cognition and Emotion*, vol. 19, n.º 8, págs. 1113-1139, 2005.

EMOCIONES Al oír algunas piezas, sentimos un estremecimiento o escalofrío automático. ¿Qué propiedades reúnen las composiciones que provocan esas sensaciones intensas?

Escalofrío musical

ECKART ALTENMÜLLER, OLIVER GREWE, FREDERIK NAGEL Y REINHARD KOPIEZ

Tarde de Viernes Santo. Concierto coral en la catedral de Friburgo. En el programa, la *Pasión según San Mateo* de Juan Sebastián Bach (1685-1750). En una escena conmovedora, después del interrogatorio del Sumo Sacerdote, Pilatos muestra a Jesús ante la multitud y pregunta: «¿A quién queréis que os entregue? ¿A Barrabás o a Jesús, del que se dice que es el Cristo?». El grito de la muchedumbre: «¡A Barrabás!», parte el alma del oyente. Bach empleó aquí un acorde disonante del coro y la orquesta, súbito, muy fuerte e inesperado; un auténtico puñetazo musical en el rostro. De ese escalofrío no se libran ni los oyentes modernos experimentados.

Tocar música y escucharla representan, según las encuestas, las principales ocupaciones de los alemanes en su tiempo libre. Una opción que no ha merecido el interés de los investigadores. Los psicólogos suponen que el atractivo especial de las melodías y armonías reside en su capacidad para producir en nosotros emociones intensas; por ejemplo, el escalofrío que nos recorre en ese pasaje de la *Pasión según San Mateo* [*véase* «Emociones musicales», por Sandrine Vieillard, *en este mismo número*].

¿A qué nos referimos cuando hablamos de emociones? Los investigadores del comportamiento incluyen en ese grupo las reacciones ante los estímulos, que evaluamos de un modo determinado. En el caso de la *Pasión según San Mateo* significa lo siguiente: el estímulo es la señal acústica, la reacción del erizarse instintivo del vello corporal —un reflejo provocado por el sistema nervioso autónomo— que nos hace conscientes de nuestro estremecimiento. La evaluación del estímulo podría ser terror por el súbito volumen o, quizá, compasión por la condena a muerte de un inocente.

Intervienen también ciertas condiciones ambientales. En una representación aburrida, nadie se conmoverá. Por otro lado, un oyente experimentado y conocedor de la obra en cuestión, que suele estremecerse en cierto momento musical, sentirá escalofríos ya ante la inminencia del pasaje. Se trata de un ejemplo de libro del comportamiento condicionado de estímulo-respuesta.

En síntesis: Música a flor de piel

1 Un oyente conocedor de una obra musical, sentirá «escalofríos» ante la inminencia de la música. Es una conducta condicionada de estímulo-respuesta.

2 Por lo general, las personas proclives a estos escalofríos muestran un umbral bajo de estímulo en su vivencia emocional: se emocionan con facilidad.

3 Si bien la personalidad de los oyentes influye en la reacción ante la música que escuchan, también lo hacen ciertas condiciones ambientales.

GETTY IMAGES / DANILOANDJUS / ISTOCK

Podemos acudir al fenómeno del estremecimiento para comprender la experiencia subjetiva de la audición musical. Una vivencia tan intensa, que dispara las reacciones del sistema nervioso autónomo, ha impuesto el concepto de «escalofrío» o «estremecimiento» (*chill*).

Sistema de señales evolutivo

Desde hace unos años venimos estudiando en el Instituto de Fisiología Musical de Hannover qué música, por qué músicos y bajo qué condiciones provoca escalofríos. El punto de partida fue una idea de Jaak Panksepp, de la Universidad Estatal de Bowling Green. Este investigador de las emociones basaba semejante conmoción en un sistema biológico de señales, muy enraizado en el curso de la evolución. Lo despliegan ciertos primates: cuando madre e hijo pierden el contacto visual, el grito materno de la separación lleva a una reacción típica en la cría. La piel, turgente, mantiene caliente al bebé. Aplicado a los humanos, determinados modelos acústicos deberían provocar, por tanto, escalofríos en todos nosotros, independientemente del bagaje cultural. Con otras palabras, los autores buscábamos una «música-escalofrío» universal.

Desde los años cincuenta del siglo pasado, los psicólogos conocen las sorpresas musicales, y la alternancia de tensión y distensión, como componentes esenciales de la vivencia emocional que acompaña a la audición musical. Para descubrir las cualidades «escalofriantes» básicas de las composiciones, debíamos, sin embargo, considerar también el curso temporal de las reacciones.

Con ese propósito, diseñamos un experimento. En su desarrollo, los voluntarios, mientras escuchaban música, se percataban de su estado emocional. Debían indicar en la pantalla de un ordenador, en un sistema de coordenadas, cuánto les gustaba la música que sonaba en ese momento y si sentían la pieza como excitante o relajante. Señalaban las vivencias escalofriantes pulsando un botón del ratón. Además, registramos diferentes parámetros fisiológicos: conductividad dérmica de la mano, actividad de los músculos faciales (de interés para la expresión mímica de sensaciones), tasa respiratoria, temperatura de la piel y ritmo cardiaco.

Como prueba aleatoria para nuestro experimento, elegimos durante una conferencia pública a 38 personas, que diferían en edad, procedencia social y, por encima

LOS AUTORES

Eckart Altenmüller dirige el Instituto de Fisiología Musical integrado en la Escuela Superior de Música y Teatro de Hannover (HMTMH). *Oliver Grewe* investiga en el mismo centro. *Frederik Nagel* dirige el departamento de Audiolabs en el Instituto Fraunhofer IIS. *Reinhard Kopiez* es profesor de psicología musical en la HMTMH.

de todo, sensibilidad musical. Buscábamos características comunes, universales, de la reacción emocional ante la música. El promedio de edad era de 38 años, en un arco de 11 hasta 72 años. Nueve voluntarios eran varones, 29 mujeres. De los que tomaron parte en el experimento, 25 tocaban un instrumento o lo habían tocado antes y 13 eran profanos en música; una mezcla muy variada.

Los voluntarios escucharon siete piezas seleccionadas por los autores del ensayo, aunque trajeron también música propia con la que acostumbraban a emocionarse. En el decurso del experimento, escucharon 415 fragmentos musicales interpretados, entre ellos 266 veces los siete pasajes de comparación que habíamos escogido. Los escalofríos aparecieron en 136 ejecuciones, en torno a un tercio de los casos. En la mayoría de las ocasiones, concurrían con las piezas traídas por ellos mismos; no nos sorprendió. En total, los voluntarios apretaron 686 veces la tecla «escalofrío». Vale decir: las piezas cargadas de emotividad provocaban, por regla general, idénticas sensaciones de estremecimiento en diferentes pasajes.

En la mayoría de los voluntarios, se daban juntas la reacción emocional y la fisiológica. Así, aumentaba el ritmo cardíaco unos cuatro segundos antes del escalofrío, en promedio; crecía, dos segundos más tarde, la conductividad dérmica. Esa diferencia corresponde al tiempo que necesita la fibra conductora del sistema nervioso autónomo, muy lenta, para inervar, desde el centro vegetativo del tronco cerebral, las glándulas sudoríparas y los vasos sanguíneos de la mano. En particular, se acumulaban las respuestas emocionales intensas, el volumen aumentaba en una zona de frecuencia más alta: entre 1000 y 3000 hercios. A esos valores, nuestro oído resulta muy sensible. Pero también los eventos musicales totalmente determinados provocaban el estremecimiento: el comienzo de una nueva sección, el primer sonido de una voz solista o la entrada del coro.

Reaccionamos de modo en especial sensible ante lo nuevo y las voces humanas. De ahí el efecto impactante del grito «Barrabás» de la *Pasión según San Mateo*. Para los oyentes que dominan algún instrumento, debe añadirse un elemento más. Por conocer las estructuras —es decir, los motivos o series tonales recurrentes— experimentan emociones intensas; por ejemplo, en el fragmento empleado por nosotros de la Toccata para órgano BWV 540 de Juan Sebastián Bach.

Escalofríos en serie

De los 38 voluntarios, 7 (uno de cada cinco) no informaron de ningún escalofrío durante el experimento. Tampoco se dieron siempre emociones y reacciones corporales a la vez. Por esa razón, no se reflejaron en los parámetros psicofisiológico el 20 por ciento de los casos de escalofríos. En otras ocasiones, sin embargo, hubo también oscilaciones bruscas de conductividad dérmica o de ritmo cardíaco, sin que los individuos pulsasen el botón «escalofrío».

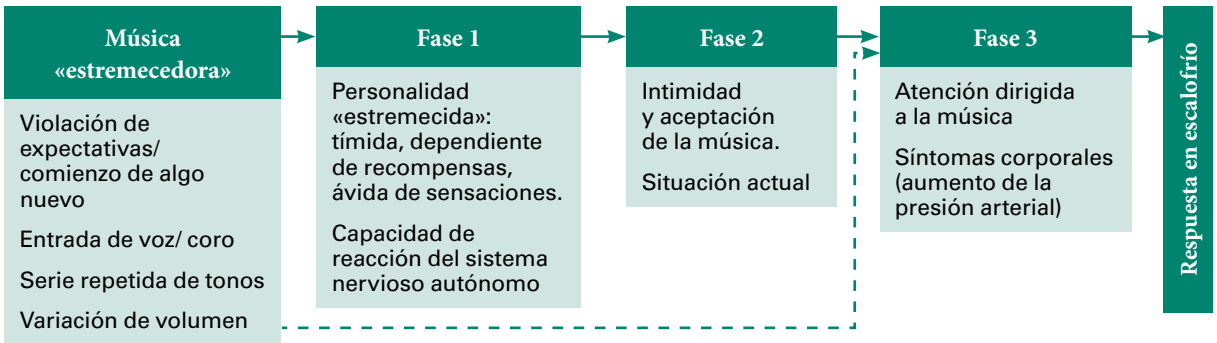
Más adelante nos preguntamos sobre la existencia o no de una personalidad emocional típica del oyente. Solicitamos de los voluntarios, terminada la prueba, que rellenasen un cuestionario normalizado sobre personalidad, que contenía, entre otros, el Inventario del Temperamento y el Carácter y la Escala de Búsqueda de Sensaciones.

En otros dos catálogos de preguntas, desarrollados por nosotros, inquiríamos por cada pieza: si la conocían, cuánto les había gustado y qué recuerdos y reacciones corporales evocaba. Al final del ensayo, nos centramos en cuestiones relativas a su persona: sus conocimientos musicales, enfermedades sufridas y acontecimientos de especial emotividad vividos en fecha reciente.

A partir de estos datos obtuvimos el resultado más importante: las personas proclives a los escalofríos muestran un umbral bajo de estímulo en su vivencia emocional; se emocionarán de modo fácil y sentimental. De tendencia tímida y dependiente de recompensas, se identifican con su música preferida, que encierra, además, un significado importante en su vida. Dicho de otro modo, las cualidades de la personalidad del sujeto influyen en la reacción ante la música que oye.

A fin de cuentas, nuestros datos indican que hay música «estremecedora» casi universal, igualmente eficaz

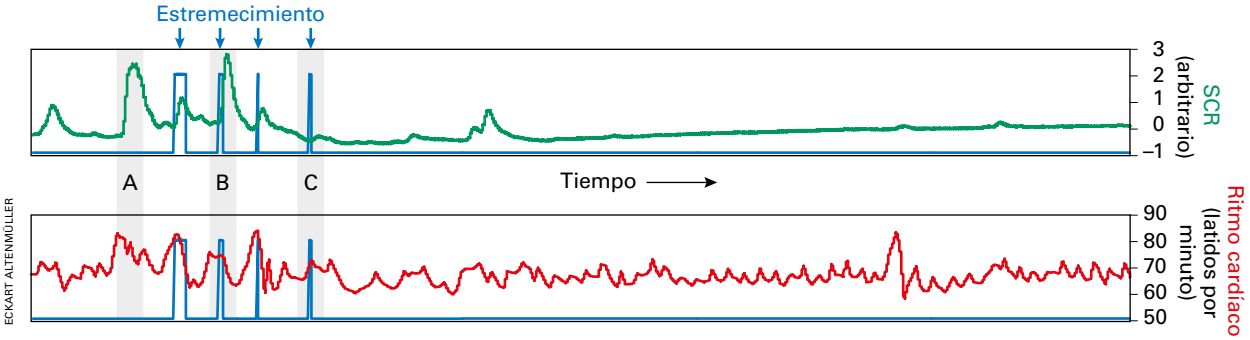
Modelo en tres etapas de la reacción de escalofrío



Camino directo (ejemplo: Grito «¡A Barrabás!»)

Cartografía del estremecimiento

Las gráficas muestran el valor de conductividad dérmica (SCR, *curva verde*) y del ritmo cardíaco (*curva roja*) de un voluntario en uno de nuestros experimentos. La respuesta de escalofrío experimentada subjetivamente (*azul*) guarda correlación parcial con ambos parámetros fisiológicos. A menudo, coinciden la reacción de estremecimiento, el valor de conductividad dérmica y el ritmo cardíaco (*B*), pero en ocasiones se llega a un fuerte ascenso de los datos de medición sin escalofrío (*A*). A veces, la respuesta de escalofrío solo aparece acoplada con la aceleración del ritmo cardíaco (*C*).



en todos los humanos. Los escalofríos no pueden provocarse de acuerdo con un método inflexible de estímulo-respuesta. Lo que no empece que se hayan concretado algunas reglas fundamentales para un agradable deleite musical emocional. Para ello, deben darse determinadas propiedades de la música (como la entrada de las voces humanas o la «novedad»), sin olvidar la personalidad del oyente y sus experiencias musicales acumuladas. Aunque hay un camino sin rodeos: el incremento súbito del volumen, con el que funciona también el grito «¡A Barrabás!».

Golpe de efecto musical

En este último caso, todo se basa probablemente en un tipo de reacción de susto, de la misma categoría que el que provoca el disparo de un arma en la oscuridad. Tal golpe de efecto lo encontramos en sinfonías de Gustav Mahler o en la música de ballet *La consagración de la primavera* de Igor Stravinsky; cuando acontecen, causan reacciones muy vivas en la mayoría de las personas.

¿Derivan del grito de separación de los primates las reacciones de escalofrío musicales? En nuestra opinión, no puede mantenerse tal vinculación. Probablemente, el significado de tales escalofríos y estremecimientos trascienda el ámbito de la comunicación social. Estudios de sonido realizados en 2001 por Anne Blood y Robert Zatorre, neurofisiólogos de la Universidad McGill en Montreal, fundaban las experiencias de estremecimiento y escalofrío en la activación del sistema límbico de recompensa. Es decir, el conjunto de regiones cerebrales que nos proporcionan una sensación de placer, lo mismo que la actividad sexual o una buena comida.

La liberación asociada de endorfinas (opiáceos internos) potencia, además, la memoria. Nuestro cerebro señala los cambios acústicos importantes en el entorno —posiblemente desde el alba de nuestra evolución—, que producen encogimiento y los graba en la memoria. Piénsese en los ruidos sospechosos de la presencia de un depredador que se acerca sigiloso. En este escenario comenzaron los humanos más tarde a colocar, como jugando, semejantes estímulos «escalofriantes» en la música.

Aún hoy, nuestro sistema de recompensa reacciona cuando nos encontramos con algo nuevo, descubrimos una regularidad o somos sorprendidos por algo. Todos estos acontecimientos mentales presuponen, sin embargo, una experiencia mínima. Eso vale también en relación con la música. Cúmplese el viejo aforismo de que, cuanto más comprendo, mejor me siento. Un buen argumento para promover la enseñanza musical desde la escuela. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 28

PARA SABER MÁS

The emotional sources of «chills» induced by music. J. Panksepp en *Music Perception*, vol. 13, págs. 171-207, 1995.

Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. A. Blood y R. Zatorre en *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 98, págs. 11.818-11-823, 2001.

Emotional sounds and the brain: The neuro-affective foundations of musical appreciation. J. Panksepp y G. Bernatzki en *Behavioural Processes*, vol. 60, págs. 133-155, 2002.

Schauer und Tränen: zur Neurobiologie der durch Musik ausgelösten Emotionen. E. Altenmüller y R. Kopiez en *Musik: gehört, gesehen und erlebt*, dirigido por C. Bullerjahn et al., págs. 159-180. Verlag der Hochschule für Musik und Theater Hannover, Hannover, 2005.

EMOCIONES Casi nada excita tanto nuestros sentimientos como la música. Una canción de rock nos hace mover las piernas, mientras que una sonata en tono menor nos conmueve. El psicólogo de la música **STEFAN KÖLSCH** explica cómo y por qué ocurre

«La música abre un túnel en el cerebro»

ANNA VON HOPFFGARTEN

¿Tiene una canción favorita?

Sí. En realidad tengo muchas. La pieza musical que prefiero oír depende de cada situación. Cuando practico deporte me gusta escuchar rock, y para trabajos que requieren concentración me inclino por el jazz o temas clásicos de Bach. Cuando estoy con los niños en casa, pongo *rhythm and blues*.

¿Qué moldea las preferencias musicales personales?

Intervienen diversos factores, por supuesto. Uno lo descubrió el científico de datos Seth Stephens-Davidowitz cuando analizó perfiles de Spotify: a los usuarios les gusta escuchar temas que oyeron por primera vez durante su juventud. Las chicas desarrollan un gusto musical definido a los 13 años aproximadamente, y los chicos, a los 14. También hay canciones que nos agradan durante mucho tiempo porque nos hemos cruzado con ellas en una fase sensible de la vida. El gusto tiene mucho que ver con los recuerdos autobiográficos.

¿Es ese también su caso?

Sí, aún me gusta escuchar temas de mi adolescencia. Me da hasta un poco de vergüenza. Por ejemplo, en aquella época estaba de moda el grupo Wham!. Normalmente quitaría enseguida ese tipo de música, pero me evoca recuerdos especiales. También he crecido con música clásica y he tocado en orquestas juveniles. Eso me marcó mucho. Para muchos jóvenes, hacer música juntos, ya sea en una banda u orquesta, está ligado a sentimientos positivos. Las preferencias que se forjan allí nos acompañan durante toda la vida.

¿Qué influencia tienen las emociones?

La música puede repercutir de manera directa en nuestros sentimientos y pensamientos. En un estudio corroboramos que las personas creían con más facilidad que ganarían en un juego de azar cuando habían escuchado previamente melodías alegres. Este optimismo incluso supera la tendencia natural de partir de lo negativo. La música también influye en cómo de oscuros o claros percibimos los colores. Los sonidos más alegres suelen hacer que las superficies nos parezcan más claras. Quizás, el hecho de que el gusto musical se forme pronto tenga que ver con que los adolescentes, debido a los cambios que se producen en su cerebro, viven las emociones de una forma especialmente intensa. Durante esa etapa, el

EIVIND SENNESET, UIB; CORTESIA DE STEFAN KÖLSCH

STEFAN KÖLSCH

Nació en 1968 en Wichita Falls (Texas). Estudió música vocal e instrumental en Bremen, así como psicología y sociología en la Universidad de Leipzig, antes de doctorarse en el Instituto Max Planck de Leipzig en neurociencias y ciencias cognitivas. Trabajó como posdoctorando en la Universidad Harvard en Boston y aceptó una cátedra en la Universidad Libre de Berlín, donde fue profesor de psicología de la música y neurociencia dentro del grupo de excelencia «Lenguajes de la emoción». Desde 2015 es profesor de psicobiología, psicología médica y psicología de la música en la Universidad de Bergen.

sistema de recompensa neuronal se activa notablemente mediante el neurotransmisor dopamina. Muchos púberes, además, buscan en la música consuelo o distracción. Los temas que les ayudaron en esos tiempos difíciles también les despiertan buenos sentimientos más adelante en la vida.

¿Qué poder transformador tiene el gusto musical en las personas adultas?
En cada edad se pueden formar nuevas preferencias. Yo, por ejemplo, durante mucho tiempo no soportaba a Mahler. Tardé años en entender su música, en parte disonante.

¿Con las disonancias ocurre como con las sustancias amargas del vino, que cuanto más a menudo nos enfrentamos a ellas, más agradables nos resultan?
Seguro que el hábito desempeña aquí su función. Me gusta compararlo con la capsaicina del chile. Esta molécula activa los receptores del dolor de la lengua y, por tanto, por definición, resulta desagradable; pero si te sirven un pollo *vindaloo* indio sin chile, seguramente no te gustará. Según nos haya condicionado nuestra cultura, varía lo que percibimos como doloroso, disonante o agradable. Acordes disonantes como el de séptima de dominante aparecen en tantas piezas musicales conocidas que ya nos hemos acostumbrado a oírlos. Hace unos siglos, el tritono aún se consideraba diabólico.

Pero ¿existe un sentido innato de la armonía?
Mi equipo y yo hemos investigado esa cuestión con personas de distintas culturas. Pedimos a participantes camerunenses que nunca antes habían oído música occidental que escucharan piezas consonantes y disonantes sin interrupciones. Hicimos lo mismo con estudiantes alemanes de Leipzig. Estos últimos valoraron los sonidos disonantes muy negativamente; los consonantes, por el contrario, los consideraron agradables. También los camerunenses percibieron la música disonante menos agradable que la conso-

La música influye en nuestro estado de ánimo a una rapidez asombrosa. Así, las melodías alegres pueden alejar los pensamientos melancólicos.

GETTY IMAGES / ANTONIOGUILLEM / ISTOCK

nante, pero la diferencia era bastante menos acusada. Ello demuestra que la preferencia por la consonancia es universal, pero se moldea dependiendo de cada cultura.

Algunas piezas musicales gustan a muchas personas. ¿Por qué? ¿Qué las convierte en éxitos?

Junto con mi equipo he descubierto un aspecto importante: las piezas que más gustan se hallan en consonancia con las expectativas de los oyentes. La melodía se construye de tal manera que en algún momento tenemos la sensación de saber qué sonido viene a continuación, pero en el momento que aparece otro, nos sorprendemos. Esas «brechas» de las expectativas suscitan placer. Pruébelo usted mismo: escuche una pieza de Elton John o Mozart e intente tararearla para sí mismo. Preste atención al momento a partir del cual se encuentra seguro de qué nota va a venir después. Probablemente, en ese preciso instante sonará algo inesperado.

Por tanto, es importante que nos sorprendan en el momento oportuno.

Exacto. Durante mucho tiempo se pensó que dependía de la dimensión adecuada de la sorpresa, ni mucho ni poco, pero se trata del efecto del cambio entre la seguridad de la predicción y el incumplimiento de las expectativas. Justo al inicio de una melodía, por lo general no tenemos idea de lo que nos espera. Eso provoca una tensión que, por cierto, se refleja directamente en la actividad cerebral, en la denominada corteza orbitofrontal. En esta región surgen, entre otras cosas, las expectativas. También la amígdala, un importante centro de emociones, se activa en dichas situaciones. A medida que avanza una melodía, disminuyen la inseguridad y la tensión, y con ello, también la actividad cerebral de estas áreas. Sucede de manera similar que en la comprensión lingüística: hacia el final de una frase estamos relativamente seguros de cuáles serán las últimas palabras.

Cuando escuchamos música, parece como si el cerebro no tuviera nada especial que hacer. Pero usted habla de expectativas incumplidas. Entonces, ¿escuchar música es un proceso activo?

Nuestro cerebro predice continuamente acontecimientos de forma bastante automática. Por ejemplo, cuando pulsamos un interruptor de la luz, esperamos que se encienda la luz. Si no ocurre nada, nos sorprendemos. Eso no es un rasgo exclusivo de los humanos: predecir es un principio fundamental de los sistemas nerviosos. Lo hacen para reducir incertidumbres sobre lo que va a ocurrir después. Si por sistema no se cumple lo que esperamos, el cerebro corrige sus predicciones. Los neurocientíficos hablan de «codificación predictiva» [*véase* «Nuestro cerebro "visionario"», por Jordana Cepelewitz; Mente y Cerebro, n.º 101, 2020]. También ocurre al escuchar música, pero por lo general no solemos notarlo.

«En cuanto escuchamos tonos rítmicamente organizados, nuestra mente intenta predecir el ritmo»

Con algunas melodías no podemos evitar seguir el ritmo con los pies o la cabeza, ¿por qué?

Las piezas con *groove* suelen marcar las pulsaciones a contratiempo. Son ritmos que no siguen las pulsaciones del metrónomo, sino que ponen acentos entre ellas. En cuanto escuchamos tonos ordenados rítmicamente,

nuestro cerebro intenta predecir el ritmo. Aquí vuelve a intervenir la codificación predictiva. Si el pronóstico es difícil porque, por ejemplo, se marca mucho el contratiempo, movemos los brazos y las piernas para estabilizar el sentido del compás que teníamos hasta ese momento. De esa manera podemos seguir mejor el ritmo. También en este caso son importantes el tempo y la dimensión correctos: debemos estar preparados para reconocer el ritmo, que, sin embargo, no debe ser demasiado regular, como con el metrónomo, porque resultaría aburrido.

¿Por qué nos dejamos llevar incluso por ritmos monótonos como las marchas militares?
El impulso de movernos con la música está muy arraigado en nosotros. Incluso bebés de pocos meses lo hacen. Dar palmadas en compañía activa el sistema de recompensa, incluso cuando se trata de un ritmo completamente homogéneo.

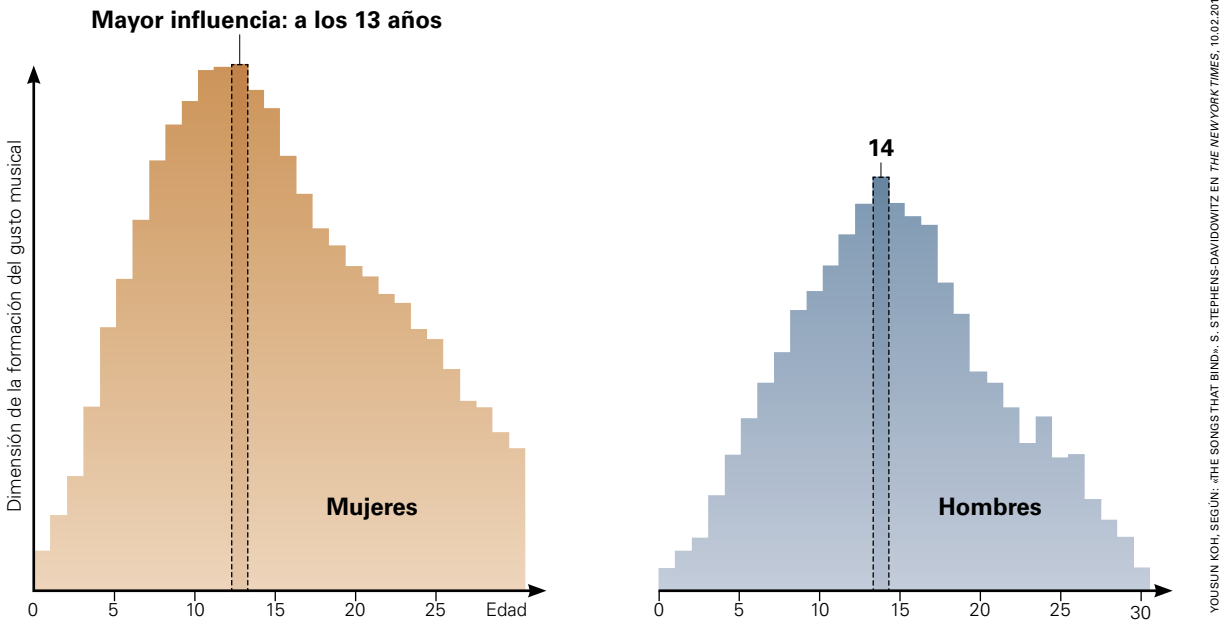
¿Y por qué razón la música nos conmueve a menudo de una forma directa?
De ello son responsables varios mecanismos. Por un lado, tiene que ver con las expectativas mencionadas anteriormente: los cambios sorprendentes provocan placer. Además, también intervienen los recuerdos. ¿Qué vivencias puedo asociar a una canción? Asimismo, los factores sociales son importantes. Si escucho un tema tecno en soledad, surgen muchos menos sentimientos intensos que si lo hago en una *rave*, donde muchas personas se mueven al mismo compás.

¿Recuerda alguna experiencia musical especialmente emotiva?
Me acuerdo todavía de cuando interpreté un concierto de violín de Viotti con la Orquesta Sinfónica de Jóvenes de Bremen. Durante el ensayo general se sentó una niña en la primera fila. En cuanto toqué la primera nota, empezó a llorar desconsoladamente: la música había calado hondo en sus emociones. Muchos adultos sienten de vez en cuando un impulso similar, pero pueden controlar mejor sus sentimientos. Hace 200 años esto era distinto.

¿En qué sentido?
En esa época, las personas iban a los conciertos para desahogarse. Si no lloraban y sollozaban, significaba que la pieza no tenía éxito entre el público.

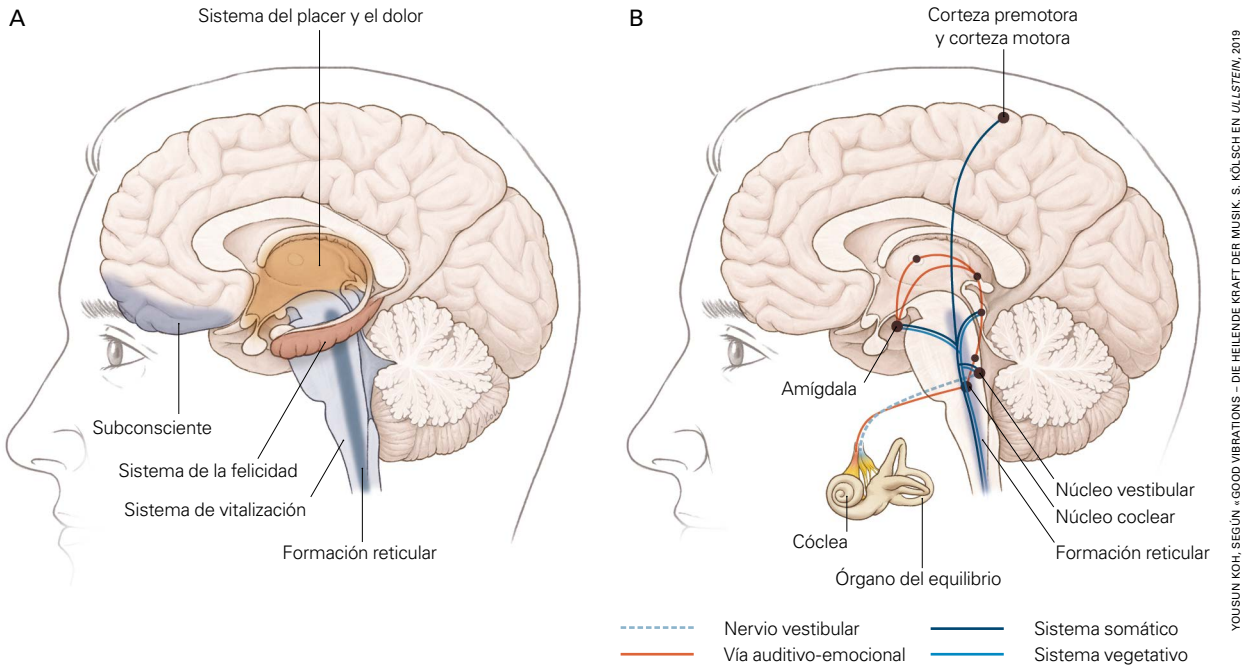
¿Por qué algunas canciones, a menudo en tonos menores, nos conmueven tanto que nos hacen llorar?
La música occidental imita la impresión emocional de las voces: si estamos de buen humor, la voz sube y baja, el ritmo del habla es rápido, y el sonido, más claro. Con las canciones alegres ocurre lo mismo. Por el contrario, si estamos abatidos, hablamos despacio y la voz suena

La juventud deja huella



YOUSUN KOH, SEGÚN: «THE SONGS THAT BIND». S. STEPHENS-DAVIDOWITZ EN *THE NEW YORK TIMES*, 10.02.2018

Nuestros gustos musicales se forman ya durante la pubertad. Las chicas, alrededor de los 13 años de edad, desarrollan preferencias musicales para toda la vida; los chicos, de media, un año más tarde. Ello se observó en un estudio que analizó en perfiles de Spotify cuándo aparecían por primera vez las canciones que más a menudo escuchamos de adultos. En general, el efecto es más notable en las mujeres que en los hombres.



YOUSUN KOH, SEGÚN «GOOD VIBRATIONS – DIE HEILENDE KRAFT DER MUSIK. S. KÖLSCH EN *ULLSTEIN*, 2019

Cómo la música despierta emociones en el cerebro

Según la teoría del cuarteto de emociones concebida por Stefan Kölsch y sus compañeros, el cerebro alberga cuatro sistemas afectivos, es decir, cuatro fuentes de emociones (*A*): el «subconsciente» en la corteza orbitofrontal, el «sistema del placer y del dolor» en el diencéfalo, el «sistema de la felicidad» en la parte frontal del hipocampo (que, entre otros, posee receptores de endorfinas y puede ordenar la secreción de la hormona de la felicidad) y, finalmente, el «sistema de vitalización», situado en el tronco encefálico. Este último, a través de la formación reticular, regula, entre otros procesos, el ritmo circadiano y repercute en el grado en que nos sentimos con energía o agotados. Cuando escuchamos música, la información referente a los sonidos viaja desde el oído interno hasta el sistema de vitalización (*B*) pasando por un único centro de mandos, en concreto, desde la cóclea y el órgano del equilibrio (aparato vestibular). El núcleo coclear es la primera parada de la vía auditivo-emocional, una cadena de procesamiento que desemboca en la percepción de tonos y genera los sentimientos correspondientes. Algunas «paradas» de esa vía, como la amígdala, envían impulsos al sistema somático y al vegetativo. También llegan impulsos nerviosos a este sistema desde el núcleo vestibular. De ese modo, la música puede provocar reacciones en la musculatura visceral y esquelética. Además, los núcleos vestibular y coclear transmiten información a la formación reticular y, de ese modo, la música puede estimularnos o calmarnos.

más oscura. Estas características también se dan en la música triste. No solo reconocemos la voz de otra persona en la melodía hablada, sino que nos contagiamos de ella. Los expertos hablan de resonancia emocional. De este modo, por ejemplo, los padres transmiten su estado de ánimo de manera directa a su bebé, junto con las reacciones corporales correspondientes. Lo mismo sucede cuando escuchamos música; con frecuencia, de forma aún más marcada. Por eso, algunos investigadores también denominan la música «voz superexpresiva».

¿Qué ocurre en el cerebro?

La música activa cuatro sistemas afectivos. El «sistema de vitalización» en el tronco encefálico, el «sistema del placer y del dolor» en el diencéfalo, el «sistema de la felicidad» en el hipocampo y el «subconsciente» en la corteza orbitofrontal. Fijémonos en el fenómeno de la piel de gallina: cuando la música nos llega al alma, nos estremecemos de placer, el pulso se acelera, la transpiración se frena. Estas experiencias son procesadas por el sistema del placer y del dolor, que también se estimula con la comida, el sexo y otras recompensas.

¿Las personas con depresión pueden beneficiarse de este «contagio emocional»?

Sin ninguna duda, pero deben tener cuidado a la hora de elegir la música. A muchos afectados les gusta escuchar piezas melancólicas que van bien con su propio estado de ánimo, pero los sonidos tristes les provocan decaimiento. Por esa razón, a las personas depresivas les

aconsejo que escuchen música que suene como el estado de ánimo que desean conseguir.

En una fase de decaimiento, a los afectados quizá no les apetezca oír música alegre y bailable.
Por eso, la música debería «rescatarles» del estado de ánimo en que se encuentran en ese momento. Como mejor se consigue es confeccionando una lista de temas cuando se encuentran en fases en las que están bien. La lista debería comenzar con música que armonice con su estado emocional durante las fases de mayor decaimiento y poco a poco debería pasar a canciones que se correspondan con la emoción buscada; es decir, que sean motivadoras, estimulantes o también relajantes.

Los niños con un trastorno del espectro autista a menudo tienen dificultades para reconocer los sentimientos de los demás. ¿La música puede ayudarles?
Sí, de hecho, las personas con ese trastorno pueden reconocer sorprendentemente bien emociones en la música y expresar así sus sentimientos. En algunos niños autistas, además, la red del lenguaje del cerebro se encuentra poco activa cuando perciben el lenguaje. Sin embargo, reacciona con la música, lo cual nos demuestra que esta red no está dañada en los niños, sino que despierta con la música en vez de con el habla.

«Los pacientes con demencia no solo recuerdan bien las melodías, sino que, incluso, la música puede despertar recuerdos enterrados»

¿Ello puede ser útil para la terapia?
Sí. En musicoterapia se intenta eso precisamente, pero es un proceso largo. Todos las personas autistas necesitan comunicarse, solo hay que encontrar el canal adecuado. Por desgracia, no disponemos todavía de tantos datos como me gustaría. Los escasos conocimientos científicos que tenemos sobre ello sugieren que, con música, los niños autistas se abren más y están más predispuestos al intercambio.

¿En qué consiste exactamente una sesión terapéutica?
Al piano o la guitarra, el terapeuta intenta, por ejemplo, reflejar lo que el niño autista esté haciendo en ese momento. Quizá reaccione con tonos o volúmenes de sonido partiendo de la motricidad del niño. Luego es posible que este, de repente, se mueva de otra forma para comprobar si la música cambia y que empiece a jugar con el terapeuta. De esta manera surge un intercambio que siempre puede seguir construyéndose.

Algunas personas con demencia grave siguen recordando canciones de la infancia. ¿Existe una memoria especial para la música?
No se sabe con certeza, pero opino que la música abre una especie de «túnel de la memoria emocional». Como mostró un estudio, los pacientes con demencia no solo se acuerdan de las melodías increíblemente bien, sino que, incluso, la música puede despertar recuerdos que llevaban enterrados mucho tiempo. Cuando los participantes escuchaban *Las cuatro estaciones* de Vivaldi, a continuación, recordaban episodios de su vida con muchos más detalles que cuando no habían oído antes ninguna música. Al parecer, la pieza no tenía ninguna relación directa con las vivencias. Eso funciona mejor con música que despierta emociones positivas en los afectados.

A causa de la COVID-19, muchas personas sufren aislamiento social y un estado anímico bajo. ¿Qué les aconseja?
En primer lugar: ¡ahora es el momento de sacar del armario ese instrumento que no tocan desde hace tanto tiempo! O incluso de aprender a tocar uno nuevo. En segundo lugar: escuchen composiciones musicales acordes con el estado emocional que quieren conseguir. Y tercero: implíquense activamente en la música. Canten o tarareen, bailen o remuevan la sopa al ritmo de la música. Eso puede hacer milagros. Además, si está solo, no lo verá nadie. ★

Entrevista realizada por *Anna von Hopffgarten,* redactora de *Gehirn&Geist*, edición alemana de *Mente y Cerebro.*

PARA SABER MÁS

Brain correlates of music-evoked emotions. Stefan Koelsch en *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 15, págs. 170-180, 2014.

Effects of sad and happy music on mind-wandering and the default mode network. L. Taruffi et al. en *Science Reports*, vol. 7, 2017.

Good vibrations: Die heilende Kraft der Musik. (4.ª ed.) Stefan Kölsch. Ullstein, 2019.

Predictive processes and the peculiar case of music. Stefan Koelsch, Peter Vuust y Karl Friston en *Trends* in *Cognitive Sciences*, vol. 23 n.º 1, págs. 63-77, 2019.

EN NUESTRO ARCHIVO

Emociones musicales. Sandrine Vieillard, *en este mismo número.*

¿Nos entristece la música en tono menor? Günter Kleinen, *en este mismo número.*

Escalofrío musical. Eckart Altenmüller et al., *en este mismo número.*

EFECTOS TERAPÉUTICOS Participar en un coro favorece al cuerpo y a la mente. Entre otros beneficios, alivia el dolor y la depresión. Desde la psicología y la medicina se indagan las bases de este fenómeno

Los efectos saludables de cantar

ELENA BERNARD

Los cantos resuenan por los pasillos de la Clínica Universitaria de Colonia. En ocasiones se oye una solista; en otras, un conjunto de voces. Una veintena de pacientes de cáncer y colaboradores del centro cantan una melodía pegadiza que se acompaña, a sabiendas, de una letra sencilla de recordar. Ello favorece que participen todos. «No hay errores, solo variaciones», señala Norbert Hermanns, musicoterapeuta y uno de los directores del coro.

Cada semana, los miembros de la coral se reúnen en la capilla de la clínica. No necesitan partituras ni texto, pues ensayan las canciones varias veces para memorizarlas. Entonan piezas alegres, tranquilas o que llevan a la meditación. Aparte de cantar, ejecutan gestos relacionados con la letra de las melodías. Unas lágrimas se escapan de vez en cuando. «Muchos pacientes hallan en el canto un modo de acceder a sus sentimientos y de liberarlos. Eso les proporciona alivio», explica Hermanns.

Las personas con enfermedades graves ganan nuevas fuerzas y esperanzas al participar en un grupo de música. «La voz y el ánimo guardan una estrecha relación», afirma el musicoterapeuta. Cuando una persona eleva su voz, se siente más segura de sí misma. Al mismo tiempo, el canto estimula la autoconsciencia y el contacto con los demás. «Ese aspecto resulta muy importante sobre todo para los pacientes de cáncer, puesto que a menudo su enfermedad hace que se sientan aislados».

Por todos es sabido que la música puede modificar nuestro ánimo y despertar nuestras emociones, ya sea en una sala de conciertos, un estadio de fútbol o en el salón de casa. Pero ¿sabemos de qué modo influyen las melodías sobre nuestro cerebro? Stefan Koelsch, profesor de psicobiología y psicología de la música en la Universidad Autónoma de Berlín, emplea las canciones y las técnicas de neuroimagen para investigar este enigma. Con las melodías provoca diversas emociones (alegría, tristeza, etcétera) en los sujetos; con los escáneres, observa qué sucede en esos momentos en su cerebro.

Éxtasis dopaminérgico

No existe un área cerebral específica para la música. La melodía y el ritmo actúan sobre una extensa red de regiones cerebrales, entre las que se encuentra el sistema

GETTY IMAGES / PAOLO PARADISO / ISTOCK

Existen numerosas razones por las que las personas cantan. Más allá de la ambición artística, el disfrute por la música y la compañía de otros congéneres son los principales motivos que llevan a participar en un coro.

En síntesis: La música como medicina

1 Cantar aporta beneficios a la psique y al organismo humano. Los médicos y psicólogos aprovechan esos efectos para tratar diversos trastornos.

2 La música contribuye al tratamiento paliativo del dolor. Asimismo, puede mitigar la ansiedad y la depresión.

3 Cada vez más clínicas integran el canto y la música como herramientas de intervención.

de recompensa. De manera similar al sexo o la comida, la música que nos resulta placentera provoca que las neuronas liberen mayor cantidad de dopamina («hormona de la felicidad»). Por ello, escuchar nuestra canción favorita nos pone de buen humor.

El hipotálamo también reacciona con la música. Dicha estructura del tamaño de una almendra ejerce una función destacada en las emociones, el aprendizaje y la memoria. «Eso indica que las emociones no solo dependen de la respuesta del sistema de recompensa», sostiene Koelsch. El hipocampo, además, se conecta con el hipotálamo, circunstancia que explica por qué la música también relaja. El hipotálamo, que se encuentra alojado en el mesencéfalo, regula hormonas del estrés, entre ellas el cortisol, y libera oxitocina, sustancia que se relaciona con el apego. «Para una especie social como la nuestra, se trata de una necesidad básica», afirma el investigador.

El concertista de piano Stefan Schmidt también conoce el poder unificador de la música. En 2009 fundó en Berlín un coro destinado a indigentes, drogodependientes y otras personas en riesgo de exclusión social. El «coro callejero», como se conoce al grupo coral en la ciudad berlinesa, cuenta en la actualidad con 40 integrantes fijos que ensayan de forma periódica. Ya han ofrecido, con éxito, un par de conciertos. «Aquí encuentran respeto y reconocimiento. Para muchos de ellos, el coro se ha convertido en una especie de familia», explica Schmidt. Las reuniones semanales cobran un valor importante en las inestables vidas de los participantes. Durante el ensayo no se permite a nadie que esté ebrio o drogado. Esta norma ha ayudado a algunos a luchar contra su adicción. Algunas personas sin techo han encontrado trabajo o un puesto de formación tras entrar a formar parte del coro.

«Es difícil reinsertar a las personas que viven en la calle en la vida laboral. En el coro contamos con una alta tasa de éxitos», comenta Schmidt. Una razón de esos resultados prometedores podría residir en que las personas ganan confianza en sí mismas a través del canto y el reconocimiento que les reporta. «Se dan cuenta de que, cuando trabajan de manera consecuente, logran efectos positivos. Esto motiva a comprobarlo en otros ámbitos», continúa .

Este director de un coro de cámara no reduce sus exigencias musicales cuando trabaja con la agrupación callejera. «Los cantantes necesitan que se les exija. Ahora se atreven a ensayar incluso piezas complejas». Los conciertos ante un público numeroso suelen comportar una experiencia decisiva: «Las personas sin hogar están acostumbradas a que la gente transite por su lado sin fijarse en ellas o las mire con desprecio. Mediante el coro pasan a un primer plano e incluso reciben ovaciones de un público que al final se pone de pie para aplaudirlas».

El coro de Hermanns, en cambio, no ensaya con el objetivo de salir a escena. El canto adquiere en este grupo una función de meditación. La comunidad desempeña un papel importante. A pesar de que siempre entran personas nuevas a formar parte de la coral, la atmósfera íntima que se respira facilita la sensación de protección. «Nos apoyamos mutuamente mediante melodías, gestos y letras. Ello me tranquiliza, casi igual que cuando rezo», describe una participante del grupo.

Al cantar, las enfermedades de las personas permanecen en un segundo plano. Hace cinco años que Agatha Klewer, quien participa en el grupo desde su creación, padece cáncer crónico del sistema linfático. Sabe que, a pesar de los numerosos tratamientos, los tumores reaparecerán tarde o temprano. El canto le permite dejar atrás el pasado y preocuparse menos por el futuro. «Cuando estoy aquí, me siento a salvo», revela. «Recargo fuerzas para el día a día».

La mayoría de sus compañeros son pacientes de cáncer y algunos solo reciben cuidados paliativos. El grupo está abierto a personas que sufren otras enfermedades, así como a los trabajadores sanitarios. Una enfermera relata: «Sufría derrames cerebrales y depresión. Un coro profesional o *amateur*, es decir, orientado hacia el rendimiento, supondría demasiado esfuerzo para mí. Mientras exista este grupo no volveré a caer en una depresión tan profunda».

El canto no solo beneficia a la psique, sino que también aporta vigor al organismo. Entre otros efectos, la respiración se vuelve más profunda, y gracias al tempo, más regular. La musicoterapia que se aplica en personas con dolencias pulmonares, como la EPOC (enfermedad

LA AUTORA

Elena Bernard es periodista científica.

pulmonar obstructiva crónica), se basa en estos efectos. El canto ayuda a que los pacientes controlen de forma consciente su respiración y adopten una postura con la que el aire pueda circular de manera óptima. Con ello, aumenta su calidad de vida. Las sesiones regulares de canto coral mejoran la función de los pulmones y pueden aliviar algunos síntomas, entre ellos la asfixia, según revelan los primeros estudios.

Estímulo para el sistema inmunitario

El pulso se acompasa también con la música. Los corazones de los coristas laten al unísono, lo cual fomenta, de la misma manera que la oxitocina que se libera en el cerebro, la relación y la cooperación entre personas. Cantar repercute incluso sobre el sistema inmunitario. Gunter Kreutz y su equipo de la Universidad de Fránfort del Meno midieron la tasa de inmunoglobulina A, anticuerpo que participa en la defensa contra los gérmenes patógenos, de los componentes de un coro no profesional. Las evaluaciones se realizaron antes y después de un ensayo. Según se comprobó, los coristas presentaban una mayor concentración de inmunoglobulina A al finalizar la hora de ensayo que antes de iniciar la sesión. En cambio, si escuchaban la misma música, sin cantar, el sistema inmunitario no presentaba modificación alguna.

Las investigaciones revelan que escuchar música genera otros efectos beneficiosos destacables: mejora el estado de ánimo y contribuye a que el cuerpo libere endorfinas, unas sustancias que alivian el dolor. El equipo dirigido por Ulrica Nilsson, de la Universidad de Örebro, comprobó que los pacientes que escuchaban música durante una operación quirúrgica o justo después manifestaban menos dolores y requerían menores dosis de analgésicos.

En Taiwan, Shih-Tzu Huang y sus colaboradores, de la Universidad Fooyin, obtuvieron resultados similares. Pidieron a algunos sujetos de un total de 126 pacientes de cáncer que escucharan con atención cantos budistas o canciones folclóricas durante 30 minutos. Según descubrieron, las personas expuestas a los estímulos musicales reportaban que sentían menos dolor en comparación con los otros sujetos. A pesar de que la musicoterapia no puede sustituir a ningún analgésico, merece la pena implantarla como tratamiento clínico complementario, puesto que resulta un método económico y sencillo, concluyeron los autores.

Hermanns, como otros musicoterapeutas, parte de la idea de que cantar aporta más beneficios que la estimulación musical pasiva; al fin y al cabo, la música activa tanto el cerebro como el cuerpo. La mayoría de los ensayos comienzan con ejercicios de relajación corporal: los participantes agitan sus extremidades, se masajean los maxilares y la nuca y activan el diafragma mediante respiraciones fuertes y breves. También relajan los músculos. «Se trata de un ejercicio importante, ya que, con frecuencia, el miedo y el estrés provocan contracciones musculares dolorosas», describe Hermanns. Y agrega: «El canto favorece la relajación. Este efecto, sumado a la expresión espontánea de las emociones, favorece que la sensación de dolor se reduzca».

Antes de entrar a formar parte de un coro terapéutico, algunos pacientes se consideran unos ineptos para la música. A través de la terapia cambian esa primera impresión. «En la musicoterapia, la experiencia previa con la música ocupa un lugar secundario; lo esencial es que la persona disfrute cantando», señala Hermanns. «Esa capacidad surge de uno mismo con rapidez», asegura. Koelsch va más allá: «No existen personas sin aptitudes musicales». De hecho, la música puede generar un estado de alegría a cualquiera, se posean o no nociones musicales. «La música forma parte de la naturaleza humana. Cuando escuchamos una canción que nos gusta, es normal que sintamos la necesidad de sumarnos a ella: basculamos el pie, nos movemos al ritmo de la melodía o empezamos a cantar en voz alta».

Elevar los ánimos con la voz

El estado anímico que genera la música resulta contagioso. Aubert-Khalfa, de la Universidad del Mediterráneo en Marsella, junto con su equipo, decidieron investigar por qué. Para ello reprodujeron canciones de diferentes compositores en una sala con 50 sujetos. Algunas de las piezas evocaban alegría; otras, tristeza. También midieron diversas reacciones físicas de los participantes.

Sin que los sujetos se mostrasen conscientes de ello, la música alegre activaba sus músculos risorios, aumentaba la conductividad eléctrica de su piel e incrementaba la frecuencia respiratoria. Con las melodías tristes, sus cejas adoptaban una forma ligeramente descendente. Un cuestionario entre los participantes acabó de confirmar que la música había influido en el estado de ánimo.

Aunque la musicoterapia no puede sustituir a ningún analgésico, merece la pena implantarla como tratamiento clínico complementario

Los estudios confirman que las personas que practican la música en compañía de otras, como sucede en los grupos corales, se muestran más sociables y de mejor humor

Para la siguiente fase del experimento, los investigadores eliminaron la melodía de las canciones, de modo que solo se percibía su tempo. ¿Resultado? Las reacciones corporales de los participantes disminuyeron; asimismo, el contagio emocional apenas funcionó.

Es probable que las reacciones orgánicas inconscientes sean las responsables de la respuesta emocional ante la música. Un fenómeno similar sucede con la mímica: de forma inconsciente, tendemos a imitar el gesto facial de otra persona. De ese modo, nos ponemos en su piel a la vez que nos dejamos contagiar por su estado de ánimo [*véase* «Camaleones sociales», por Arnd Florack y Oliver Genschow; Mente y Cerebro n.º 48, 2011].

Las personas con autismo suelen presentar grandes dificultades para interpretar las emociones de los demás a partir de su expresión facial. Pero ¿también son musicalmente «insensibles»? La psicóloga Eve-Marie Quintin, de la Universidad de Québec en Montreal, y sus colaboradores pidieron a 26 jóvenes con y sin autismo que indicasen si sentían alegría, tristeza, miedo o calma después de ver unos vídeos musicales. Los participantes con trastorno del espectro autista (TEA) puntuaron casi tan bien como los demás.

Quizá la música ayude a las personas con TEA a percibir y expresar mejor sus emociones. Al parecer, las melodías activan en el lóbulo frontal del cerebro áreas del lenguaje que en estas papenas se activan ante los estímulos lingüísticos. Grace Lai, de la Universidad de Columbia en Nueva York, y su equipo demostraron este efecto mediante la exploración con técnicas de neuroimagen del cerebro de 36 niños con autismo.

Por lo general, la música y el lenguaje mantienen una estrecha relación. Según ha constatado Koelsch, tenemos una especie de sintaxis musical en la cabeza: cuando escuchamos un acorde inesperado en una composición, se desencadena la misma señal cerebral que se produce si oímos una palabra gramaticalmente incorrecta dentro de una oración. «Tras el experimento, muchos sujetos afirmaban que no habían advertido nada inusual en la música. Sin embargo, su electroencefalograma mostraba lo contrario; había acontecido una reacción. Parece que nuestro cerebro es fundamentalmente musical, aunque no nos percatemos de ello».

A muchas personas les da vergüenza cantar, a no ser que se encuentren bajo la ducha o con unas copas de más en el cuerpo. Ese miedo a hacer el ridículo quizá se deba a que, cuando cantamos, liberamos nuestras emociones, por lo que desvelamos una parte de nosotros. Esa es, precisamente, la virtud del canto. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 72

PARA SABER MÁS

Music interventions for improving psychological and physical outcomes in cancer patients. J. Bradt et al. *Cochrane Database of Systematic Reviews,* n.º 8, 2011.

Music structure determines heart rate variability of singers. B. Vickhoff et al. en *Frontiers in Psychology*, publicadon en línea el 9 de julio de 2013.

Brain correlates of music-evoked emotions. S. Koelsch en *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 15, págs. 170-180, 2014.

Warum singen glücklich macht. G. Kreutz. Psychosozial, Giessen, 2014.

EN NUESTRO ARCHIVO

Neurología de la percepción musical. Eckart Altenmüller, *en este mismo número*.

Música y cerebro. Norman Weinberger, *en este mismo número*.

Emociones musicales. Sandrine Vieillard, *en este mismo número*.

Ritmo para recuperar la marcha. Simone Dalla Bella y Barbara Tillmann, *en este mismo número*.

Suscríbete a Mente&Cerebro

Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** de hasta un **21%** sobre el precio de portada
  ~~41,40 €~~ 35 € por un año (6 números)
  ~~82,80 €~~ 65 € por dos años (12 números)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción
- **Te regalamos** además un número de la colección Cuadernos a elegir (en formato digital)

GRATIS
un número a elegir de la colección
CUADERNOS

www.investigacionyciencia.es/suscripciones
Teléfono: +34 935 952 368

TERAPIA La musicoterapeuta **NÚRIA ESCUDÉ** afirma que la musicoterapia puede ayudar tanto a los pacientes con enfermedades físicas como a los que presentan trastornos psíquicos

«Los niños con autismo son muy musicales»

YVONNE BUCHHOLZ

Del 7 al 10 de junio [2018] se celebra en Barcelona la quinta Conferencia de la Asociación Internacional para la Música y la Medicina, ¿con qué objetivos?
Queremos dar a conocer cómo la musicoterapia se ha implementado en hospitales de diferentes partes del mundo y en distintos ámbitos clínicos. Es decir, que puede considerarse un tratamiento hospitalario más, igual que existe la psicoterapia o la fisioterapia. En el encuentro también se expondrán los últimos hallazgos que la neurociencia está aportando en este terreno.

¿A qué personas puede ayudar la musicoterapia?
A pacientes oncológicos terminales, por ejemplo. En el Hospital del Mar de Barcelona hemos comprobado que la música contribuye a aminorar los síntomas, a distraerlos de su enfermedad y les ayuda a expresar cómo se sienten. El hecho de que se encuentren mejor reduce la sintomatología. Se trata de la relación entre mente y cuerpo: si estoy bien a nivel emocional, si puedo expresar mi dolor, mis sentimientos de miedo o angustia frente a la muerte, me siento mejor. Incluso hemos observado que, en una situación tan difícil como es una enfermedad terminal, la musicoterapia mejora la comunicación de los pacientes con sus hijos o familiares. La música posibilita la apertura a la comunicación y a los sentimientos. No administramos una pastilla a los pacientes, pero les facilitamos recursos para que se sientan mejor.

¿De qué mejoras concretas puede hablarse?
Nuestras investigaciones con personas que padecen cáncer han revelado que la musicoterapia consigue diferencias notables en cuanto a la ansiedad, la depresión y los síntomas físicos en comparación con pacientes oncológicos que solo han recibido tratamientos paliativos. En uno de nuestros últimos estudios mediante electroencefalografía, publicado en *Frontiers in Psychology*, demostramos que las técnicas de musicoterapia llevan a estados mentales que favorecen la felicidad, la positividad, la relajación y el bienestar. Además, promueve la pro-

MENTE Y CEREBRO / ALBERT MARÍN

NÚRIA ESCUDÉ

Nacida en 1966, es directora y musicoterapeuta del Instituto Catalán de Musicoterapia de Barcelona. Psicóloga y profesora de piano de formación, también dirige el Máster de Musicoterapia de la Universidad de Barcelona. Empezó a percatarse de la influencia que la música tiene sobre el estado emocional de las personas cuando enseñaba piano: sus alumnos reaccionaban de diferente manera según las canciones que escuchaban y tocaban. Esta experiencia la motivó para estudiar psicología: quería investigar la relación que existe entre la música y la psique. En 2018 presidió la V Conferencia de la Asociación Internacional de Música y Medicina.

ducción de endorfinas en personas con cáncer, fibromialgia o estrés.

¿Beneficia también en caso de enfermedad mental?
Los pacientes que presentan problemas psiquiátricos, como esquizofrenia, fobias o depresión profunda, conectan con la música; sobre todo con las músicas rítmicas. Este aspecto es muy importante.

¿Por qué?
Porque las músicas rítmicas son las que más conectan con el cuerpo. Con frecuencia, las personas con esquizofrenia se encuentran desconectadas de la realidad, sufren alucinaciones, miedos o sensaciones que irrumpen en su cabeza. La conexión con el cuerpo resulta esencial, pues supone la unión con la parte más primitiva del individuo. Desde la musicoterapia se busca conectar con su ritmo, con el aquí y el ahora. Si en estos casos se utilizasen canciones muy melódicas, las cuales favorecen un estado de ensoñación, podría provocarse un empeoramiento del enfermo, puesto que aumentarían sus alucinaciones. También es muy importante averiguar las canciones que son significativas para el enfermo. Con ese fin realizamos lo que llamamos el historial musical del paciente.

¿En qué consiste?
El musicoterapeuta le pregunta sobre las canciones que oía de niño, en la adolescencia y de adulto. También se informa sobre el estilo musical y los instrumentos que le gustan. Y averigua si existen melodías que asocia a recuerdos determinados, como el nacimiento de su primer hijo o cuando conoció a su pareja. Se trata de elaborar un recorrido musical por su vida.

¿Nunca se ha encontrado con casos en los que le haya resultado difícil elaborar el historial musical?
Estas situaciones ocurren a veces. Algunos pacientes contestan: «No sé qué canción elegir, cualquiera». Pero la edad de la persona y su procedencia nos pueden dar pistas sobre las canciones que cantaba en la escuela o que

CORTESÍA DE NÚRIA ESCUDÉ

Los niños con trastorno del espectro autista encuentran un modo de expresar sus emociones a través de la música, según ha podido comprobar la musicoterapeuta Núria Escudé en sus intervenciones con estos pacientes y como también demuestran diversos estudios.

escuchaba en el instituto. Como si fuéramos investigadores, vamos indagando el caso. En las personas con alzhéimer, si ya no están en condiciones de poder responder, preguntamos a sus hijos o familiares.

Se ha visto que personas con alzhéimer avanzado reaccionan cuando oyen canciones que conocen.
Es increíble. En nuestro trabajo de colaboración con sociosanitarios del Hospital San Juan de Dios, en Barcelona, para tratar a personas con la enfermedad de Alzheimer hemos comprobado que hay pacientes que cuando se les pregunta cómo se llaman no contestan, pero si les cantamos una canción, reaccionan. Una mujer con alzhéimer que no quería quedarse en el centro y que siempre se ponía el abrigo para irse, cambió de actitud cuando nos pusimos a cantar *Anduriña*. Comenzó a cantar, y se quitó el abrigo. Luego, empezó a hablar de Galicia, y una y otra vez cantaba la misma canción. Previamente, el hijo nos había explicado que su madre era gallega.

¿Se sabe por qué la música produce ese efecto en las personas con la enfermedad de Alzheimer?
La música alcanza el sistema límbico, el cual está relacionado con nuestras emociones más profundas. Y en la amígdala se encuentran almacenados los recuerdos más antiguos. La música que se halla muy asociada a unas memorias consigue desbloquear la parte emocional. La neurociencia va a permitir conocer todos estos procesos de manera más detallada.

¿Puede la musicoterapia ayudar a estos pacientes a largo plazo?
Uno de nuestros próximos objetivos es averiguarlo, pero resulta complicado, puesto que se trata de una enfermedad neurodegenerativa: lo que hemos trabajado en unas sesiones con una persona con alzhéimer puede que lo haya olvidado en la siguiente. Sin embargo, pensamos que si esa terapia facilita que los hijos o cuidadores encuentren una manera de comunicarse con estas personas, también resulta beneficioso. Muchos familiares se sienten mal porque ya no conectan con su padre o madre. Si ven que cantan, les miran o intentan seguirles, aunque no hablen, les resulta muy gratificante, porque ven que pueden conectar con ellas de otra manera. Es un modo de comunicarse completamente distinto a la comunicación oral.

¿Y en el caso de los niños con trastorno mental?
La musicoterapia funciona muy bien con los niños con autismo, ya que son muy musicales. Conectan con su estado emocional musicalmente; en cambio, les cuesta

mucho hacerlo a través de las palabras. Saben hablar, pero no encuentran una motivación para ello. En estos momentos estoy escribiendo un libro junto con otro musicoterapeuta que tiene autismo, en el que queremos explicar qué le ocurre a una persona autista y cómo se la puede ayudar con la música. Tenemos niños con autismo que realizan improvisaciones brutales con melodías de Bach.

¿Y los escolares con TDAH?
Los niños con problemas de concentración descargan su adrenalina tocando la batería. La trompeta también les ayuda a desahogarse. Muchos de ellos escriben letras de canciones en las que cuentan que su «profe» no les gusta o que la escuela les aburre. Mediante técnicas de visualización estructuramos dónde les gustaría estar. A través de estos métodos les ayudamos a entender qué les pasa y a expresar sus necesidades.

¿Si no se sabe música no se puede ser musicoterapeuta?
Para acceder al máster de musicoterapia se exige un mínimo de dos años de estudio de un instrumento y dominar el lenguaje musical (saber leer una partitura, cantar bien y tener buen oído). Entre nuestros alumnos hay psicólogos, médicos, profesores y muchos músicos.

¿Y si el que sabe música es el paciente?
Estos son los pacientes que más nos cuestan. A veces, en vez de expresar lo que sienten, se esmeran por conseguir que la actividad musical que se le propone suene bien. Con estas personas trabajamos más el cuerpo y la psicoterapia. Sin embargo, a veces es mejor que opten por la arteterapia o cualquier otro tipo de tratamiento terapéutico que les facilite la capacidad de expresarse.

¿Tendría que mejorarse la enseñanza de la música en los colegios?
Sí. Creo que debería enseñarse de manera más placentera, desde un enfoque más participativo o pedagógico, de forma que los niños lleguen a tocar un instrumento y alcancen una base musical más amplia. Los niños deben aprender a crear música con la que puedan expresar, de forma no verbal, lo que sienten: si están tristes, contentos, enfadados, rabiosos, etcétera. Si no, todas esas emociones se van quedando dentro. Estamos investigando el modo en que los niños pueden aprender a expresar su estado de ánimo a través de la música.

Pero parece que la música resulta importante incluso antes de nacer. A las embarazadas, por ejemplo, se les recomienda que coloquen auriculares sobre su barriga para que el feto escuche música.
Nosotros somos más partidarios de que les canten, ya que la música cantada resuena por todo el cuerpo. En musicoterapia enseñamos a las embarazadas a cantar con el diafragma y a respirar. Nadie canta mal, lo importante es hacerlo con amor y sentimiento. Por otro lado, muchas madres nos han comentado que las canciones de Mozart les ayudan a calmar a su bebé, por ejemplo, cuando lo bañan. Esas melodías tienen un tempo de 60 pulsaciones por minuto, el mismo que el del corazón de un lactante; además, las frases son simples, pero con estructura. Ello facilita el relajamiento. Aunque una madre solo debe utilizar música de Mozart si a ella también le gusta.

¿Acuden a la musicoterapia los musicoterapeutas?
Con mis alumnos nos reunimos los jueves y hacemos musicoterapia para nosotros, porque también nos tenemos que cuidar. En el día a día trabajamos con muchas personas y con mucho dolor. También está bien tener un espacio para nosotros.

¿Qué países son los más punteros en musicoterapia?
Estados Unidos, sin duda. En Europa destacan los países nórdicos, como Finlandia y Noruega, que están muy avanzados en cuanto al estudio mediante neuroimagen. Alemania también destaca en el ámbito de la investigación. En Londres existen muchas clínicas en las que se aplica la musicoterapia. En Francia e Italia, no tanto.

¿Y en España?
En Cataluña somos pioneros en la aplicación de la musicoterapia en el ámbito de la oncología y en la investigación neurocientífica. En el País Vasco también se utiliza bastante en los hospitales. En Madrid se está promocionando en el Hospital del Niño Jesús. El hecho de que en los hospitales se pueda trabajar con un equipo interdisciplinar es fundamental. ★

Entrevista realizada por *Yvonne Buchholz*, redactora de *Mente y Cerebro*.

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 90

PARA SABER MÁS

EEG-based analysis of the emotional effecto of music therapy on palliative care cancer patients. Rafael Ramirez et al. en *Frontiers in Psychology*, publicado en línea el 3 de marzo de 2018.

EN NUESTRO ARCHIVO

La música también ayuda a demorar los efectos del alzhéimer. Mónica de Castro y Melissa Mercadal Brotons en *MyC*, n.º 72, 2015.

Terapias no farmacológicas en el alzhéimer. José María García-Alberca en *MyC* n.º 81, 2016.

EMOCIONES La estructura de la música determina la emoción que desencadena en la mayoría de personas. Así, un modo tonal bajo puede producirnos tristeza

¿Nos entristece la música en tono menor?

GÜNTER KLEINEN

KASIPAT / GETTY IMAGES / ISTOCK

Aunque le sorprenda, la idea de que las piezas musicales en tonalidad menor despiertan siempre tristeza u otros estados de ánimo negativos no es cierta. Muchas piezas en tono menor tienen un carácter bien distinto, entre ellas, la *Badinerie* de Johann Sebastian Bach, *suite* para orquesta en si menor, alegre y juguetona, o el a*dagio* soñador y delicado *Claro de luna* de Ludwig van Beethoven. Sin embargo, por lo general nos vienen a la mente más piezas en tono menor con un efecto de tristeza. Ejemplos típicos son el coro de Bach *O Haupt voll Blut und Wunden* de la pasión según san Mateo o el cuarteto de cuerda *Der Tod und das Mädchen,* de Franz Schubert.

Pero ¿por qué asociamos tan rápidamente el tono menor con la tristeza y la melancolía? Desde principios de la edad moderna, alrededor de 1600, los tipos de tono y modo tonal se han relacionado con la expresión emocional de la música. Ya en el barroco existía un elaborado sistema de la doctrina de los afectos musicales, el cual se utilizó, sobre todo, en la ópera y el oratorio. En todas las épocas posteriores, el efecto emocional se convirtió en un valor central de la música, especialmente, por su proximidad a la religión y a la trascendencia. La estructura de la música es la que determina qué emoción desencadena en la mayoría de las personas.

Ya en los años treinta del siglo pasado, se llevaron a cabo los primeros experimentos para relacionar las características formales de la música con su efecto emocional. En 2013, un equipo dirigido por Tuomas Eerola, de la Universidad de Jyväskylä, investigó en un estudio a gran escala la relación entre seis características musicales (modo tonal, tempo, dinámica, articulación, timbre y tono) y cuatro estados emocionales (felicidad, tristeza, paz y miedo). El modo tonal se mostró como primera influencia, seguido del tempo, el tono y la dinámica.

Al parecer, existe cierta competencia entre los parámetros musicales, lo que puede explicar las contradicciones que hemos indicado sobre la caracterización de las piezas en tono menor al inicio del artículo. A menudo, un tempo rápido disimula el efecto del modo tonal.

Por otro lado, el hecho de que la música afecte a nuestra psique es probablemente un subproducto de la evolución humana. Ello encaja con la observación de que la música desempeña un papel importante en todas las culturas y que, en todo el mundo, se utilizan tipos parecidos de música en ocasiones similares.

Las conexiones entre la estructura musical y las características psicofisiológicas pueden demostrarse. Así, se ha comprobado que las melodías de flauta en tono mayor aceleran la respiración y la frecuencia cardíaca y aumentan la resistencia eléctrica de la piel en comparación con los tonos menores, más lentos.

Además, las composiciones en tono mayor y menor provocan una actividad neuronal distinta. En 2017, un equipo dirigido por el psicólogo Raoul Jenni descubrió en una investigación mediante electroencefalogramas que los tonos menores aumentaban las ondas beta y gamma en las áreas frontales del cerebro de los oyentes. A estas ondas se las considera, entre otras cosas, indicadoras de una fuerte concentración y atención.

Eerola contribuyó, asimismo, a otro descubrimiento importante. En un estudio se preguntó si la «música triste» realmente entristecía a las personas. Para ello, los investigadores repartieron a 120 estudiantes en cuatro grupos. Los participantes escucharon una canción neutra que les era desconocida, o bien una canción triste que no conocían o una que ellos mismos habían escogido, o ninguna canción. Este último grupo debía recordar una experiencia triste y escribir sobre ella.

A continuación, los científicos registraron, mediante tests y cuestionarios, las sensaciones y emociones de los sujetos. La música triste, incluso cuando era desconocida y sin referencia autobiográfica, despertaba las mismas emociones que los recuerdos tristes. En los estudiantes especialmente empáticos (personas que perciben con mayor facilidad el mundo interior de los demás), el efecto aparecía más arraigado que en el resto de los participantes.

Los investigadores consideran que el contagio emocional constituye un mecanismo importante del efecto de la música. Al parecer, las melodías con determinadas características, como el modo tonal menor, pueden evocar en nosotros reacciones semejantes a las que nos produce una situación triste real. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 108

EL AUTOR

Günter Kleinen trabajó, hasta 2006, como profesor de pedagogía musical y ciencias de la música sistemática en la Universidad de Bremen. Investigaba, sobre todo, el efecto psicológico y emocional de la música.

PARA SABER MÁS

Music and its inductive power: a psychobiological and evolutionary approach to musical emotions. Mark Reybrouck y Tuomas Eerola en *Frontiers in Psychology*, vol. 8, 2017.

EN NUESTRO ARCHIVO

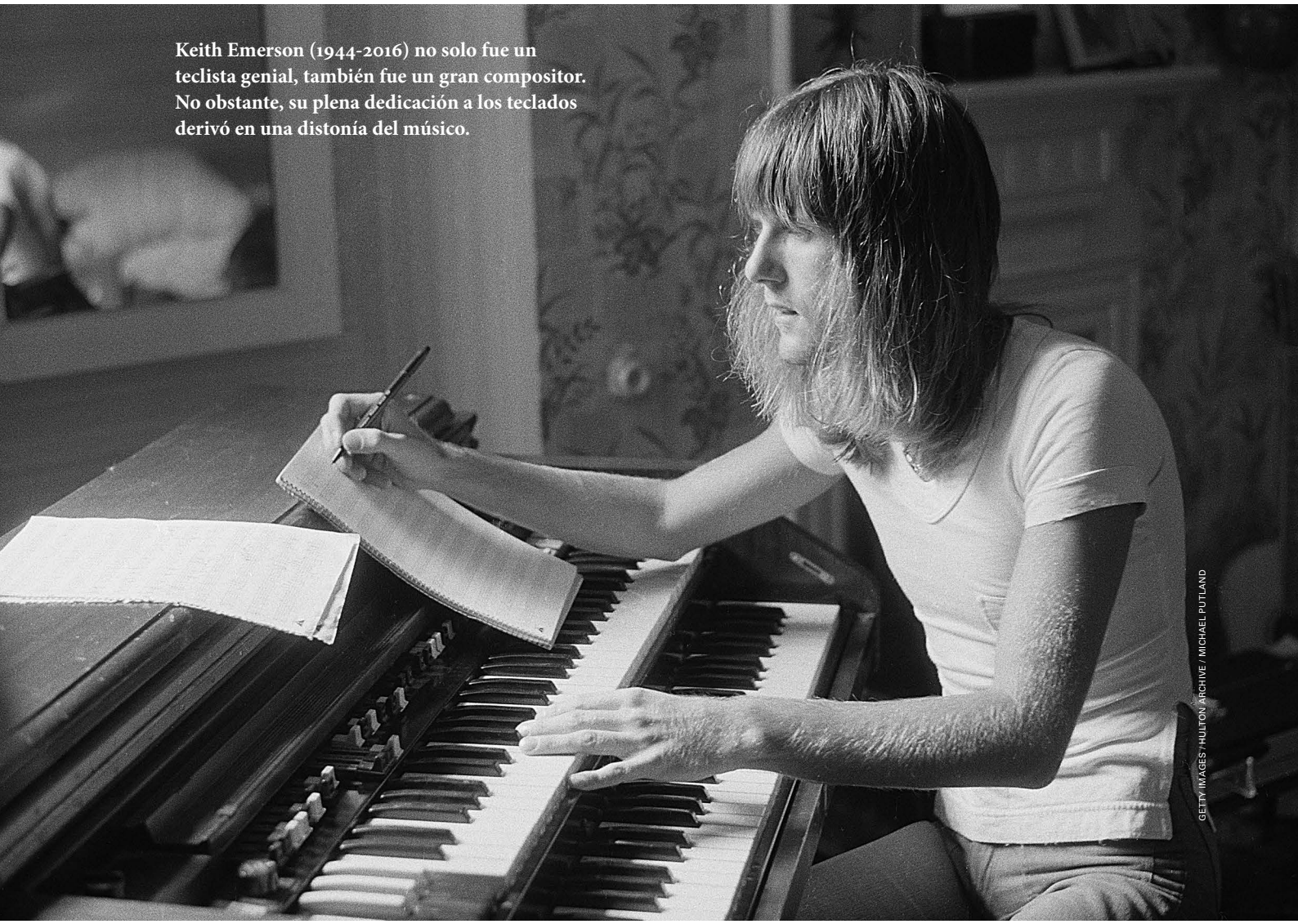
Emociones musicales. Sandrine Vieillard, *en este mismo número*.

Cómo la música produce escalofríos de placer. Marta Pulido Salgado en www.investigacionyciencia.es, 3 de noviembre de 2020.

CONTRACCIONES MUSCULARES Keith Emerson, teclista de la banda británica ELP, padeció continuos calambres en las manos, que le dificultaban la ejecución instrumental, en el momento álgido de su carrera. La distonía focal afecta a muchos músicos, sobre todo a los virtuosos

Distonía del músico

ECKART ALTENMÜLLER



Keith Emerson (1944-2016) no solo fue un teclista genial, también fue un gran compositor. No obstante, su plena dedicación a los teclados derivó en una distonía del músico.

GETTY IMAGES / HULTON ARCHIVE / MICHAEL PUTLAND

Yo tenía 16 años cuando la banda inglesa de rock progresivo Emerson, Lake & Palmer, o ELP, publicó en 1971 el álbum en directo *Pictures at an exhibition*. Sus novedosos y revolucionarios sonidos me cautivaron a mí y a mis amigos de inmediato. Keith Emerson, el teclista del grupo, era un talento excepcional. A menudo tocaba al mismo tiempo el teclado del órgano y el del sintetizador Moog, que proporcionaba el sonido característico de las canciones de ELP. Muchos consideraban a Emerson el líder de la banda: numerosas canciones del grupo brotaban de su cerebro. También compuso la banda sonora de varias películas. Además, adaptó piezas de música clásica como canciones de rock.

Cuanto más talentoso era Emerson, más duro trabajaba para optimizar sus habilidades musicales. Pero su exigente programa no solo le trajo gloria y reconocimiento; también contribuyó a los trastornos del movimiento que padecería más tarde. A partir de los años noventa, empezó a luchar contra los calambres y las lesiones nerviosas que sufría en la mano derecha. En 1993, Emerson interrumpió su carrera musical durante un año para someterse a una operación de la extremidad afectada. En su biografía, que publicó en 2003, describió las preocupaciones, los miedos y los dolores físicos que le estaban torturando. Pero su estado mejoró. A principios del nuevo siglo pudo volver a tocar casi sin limitaciones. Sin embargo, los calambres le siguieron acompañando, y le perjudicaron tanto en lo profesional como en lo personal.

El 11 de marzo de 2016, a los 71 años, se suicidó. La compañera de Emerson, Mari Kawaguchi, explicó que los problemas recurrentes en la mano diestra habían propiciado que sintiera miedo frente a la inminente gira que tenía programada en Japón. Según sus declaraciones, temía no poder tocar de nuevo y decepcionar a sus fans.

Emerson padecía distonía focal. Este trastorno se manifiesta como una alteración del movimiento y del sistema nervioso que conduce a tensiones musculares en forma de espasmos, es decir, distonía. Aparece solo en adultos y la mayoría de las veces va ligada a un uso excesivo de las extremidades afectadas. Cuando la sufren músicos profesionales se habla de «distonía del músico» o «calambre del músico».

Quienes padecen el trastorno pierden el control motor fino de la parte del cuerpo que someten a grandes exigencias. Cuanto más se esfuerzan, más difícil les resulta ejecutar movimientos complejos en el instrumento. Por lo general, los pacientes no experimentan dolor, pero su destreza musical se ve más o menos restringida según la gravedad del trastorno. La distonía en la mano produce una contracción (en la mayoría de los casos) o un estiramiento (son los menos) involuntario de los dedos. La enfermedad afectaba sobre todo a dos dedos de la mano derecha de Emerson: el anular y el meñique. En los conciertos de los años noventa podía apreciarse cómo se le agarrotaban una y otra vez.

Trinos entrecortados y teclas pegajosas

Como sucede en el caso de otras distonías, en el calambre del músico existen diferentes niveles de afectación y distintas manifestaciones. En el ambulatorio que dirijo en el Instituto de Fisiología Musical y Medicina para Músicos en Hannover, me encuentro con pacientes que presentan limitaciones de distinta gravedad. Algunos pianistas se quejan de dificultades sutiles en los cambios rápidos de movimiento (cuando realizan trinos sobre el teclado, por ejemplo) o pequeñas irregularidades en los recorridos (al tocar una escala con rapidez). Otros informan que sienten como si uno o más dedos de una mano se quedaran pegados sobre la tecla que tocan.

Pero ni siquiera a los médicos experimentados les resulta fácil reconocer una distonía musical, pues también se dan alteraciones del movimiento similares en trastornos de ansiedad o lesiones por sobrecarga. Además, alrededor del 30 por ciento de los músicos con distonía padecen un trastorno de ansiedad, lo que dificulta aún más el diagnóstico. Emerson presentaba síntomas de ambas enfermedades; aunque se desconoce si ello retrasó el diagnóstico.

Un distónico lucha en mayor o menor medida con las limitaciones que le produce la enfermedad. Los síntomas pueden estar influenciados, por ejemplo, por su estado de ánimo, la situación e incluso la pieza musical que interpreta en ese momento. En algunos músicos, los calambres disminuyen un poco durante los conciertos. En mi larga experiencia médica con músicos afectados he observado que, además, el cuadro clínico puede cambiar una y otra vez a lo largo de grandes períodos. Junto con otros investigadores definí la sin-

En síntesis: Calambres de músico

1 En la década de 1970, Keith Emerson alcanzaba la gloria como teclista gracias a su talento extraordinario. Pero en los años noventa perdió el control de dos dedos de su mano derecha.

2 Emerson padecía distonía del músico, una enfermedad neurológica que altera determinados patrones del movimiento. Su principal causa es la práctica instrumental larga y muy intensa.

3 A pesar de diversos tratamientos, nunca dejó de tener calambres a lo largo de su vida. Los nuevos conocimientos neurofisiológicos y las terapias actuales quizá podrían haberlo ayudado.

tomatología, cuyas manifestaciones fluctúan de forma considerable, como «estereotipos dinámicos». Estos pueden ser una forma temprana de una pronunciada distonía del músico, pero también mantenerse igual en intensidad o incluso retroceder a través de una terapia de «reentrenamiento». Aunque una recuperación espontánea completa acontece rara vez, los síntomas disminuyen de manera reiterada a lo largo de grandes lapsos de tiempo en alrededor del 20 por ciento de los afectados.

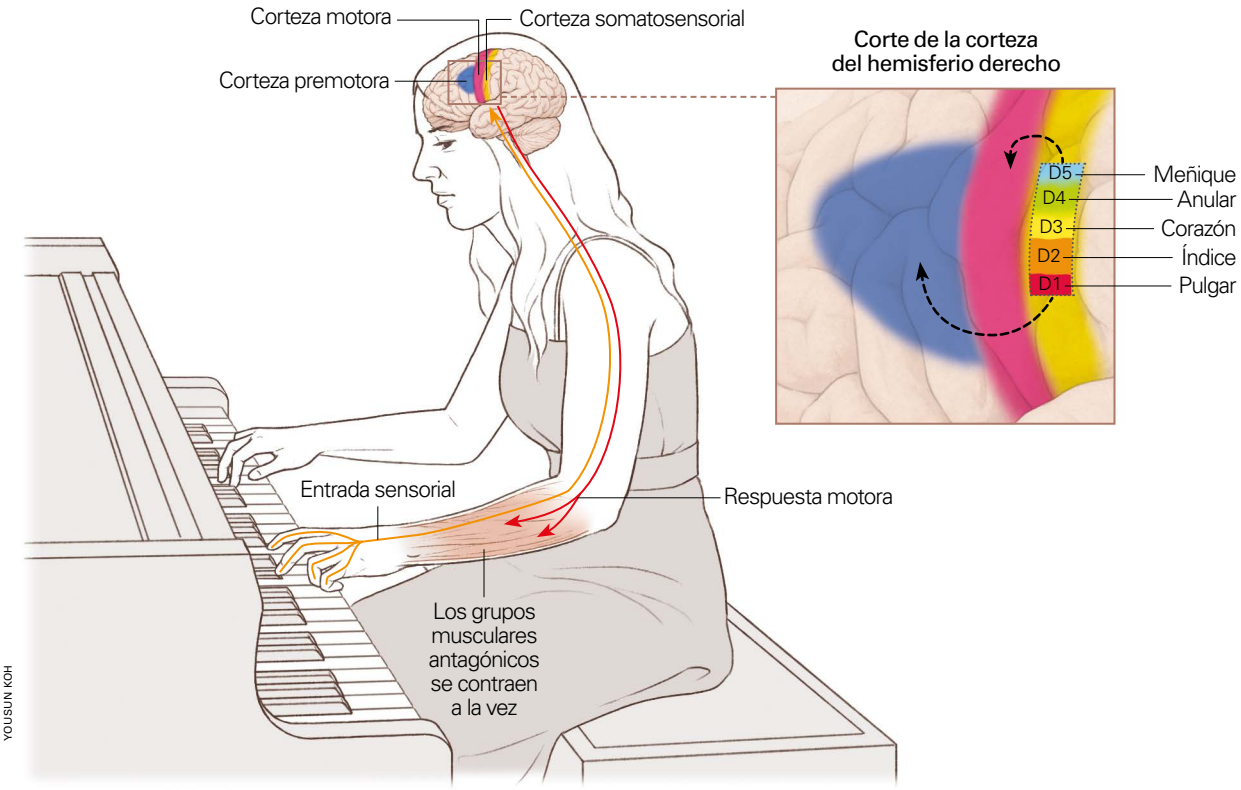
En el otro lado del espectro se encuentra el «calambre distónico», en el que la tensión involuntaria no solo se presenta al interpretar la música, sino también en otras tareas de motricidad fina, como escribir o cepillarse los dientes. A veces se convierte incluso en una contracción duradera que no se resuelve por sí sola cuando se deja reposar las extremidades. En un tercio de los pacientes, una distonía del músico se extiende a un calambre distónico de ese tipo.

Al parecer, Emerson padeció los síntomas con diferente intensidad a lo largo de los años. Así, en 1993 tuvo que hacer una pausa durante todo un año a causa de la distonía, pero pudo actuar en los años siguientes. No obstante, en las grabaciones de conciertos de aquella época se podían reconocer una y otra vez las contracciones de sus dedos anular y meñique derechos. En aquel entonces podía compensar esos síntomas: la sincronización y la precisión de su mano diestra no parecían hallarse mermadas.

Del acordeón a la cítara, tocar de manera intensiva cualquier instrumento puede desencadenar una distonía. Este trastorno también puede afectar cualquier extremidad que el músico someta a un gran esfuerzo. Los intérpretes de instrumentos de viento desarrollan una distonía

CORTESÍA DE ECKART ALTENMÜLLER

Las imágenes muestran, de izquierda a derecha y de arriba abajo, un pianista, una violinista, un flautista y un trompetista con distonía del músico. En las tres primeras se contraen o separan de manera involuntaria diferentes dedos mientras los músicos distónicos tocan. En la última, se observa que la musculatura que rodea la boca del trompetista se agarrota. Según un estudio llevado a cabo por Jaume Rosset Llobet, director médico del Instituto de Fisiología y Medicina del Arte en Terrassa, y sus colaboradores, hay muchos músicos que no saben que sufren distonía o que piensan que se trata de otro trastorno. En concreto, solo algo más del 24 por ciento que acude al médico recibe el diagnóstico de distonía del músico. «A nuestra consulta llegan músicos que hace 25 años que padecen distonía y no lo sabían. Habían visitado a médicos, consultado con sus profesores y compañeros, pero nadie sospechaba ese diagnóstico», explica Rosset. A tenor de su experiencia profesional y los datos obtenidos, el número de músicos afectados a nivel mundial es superior a un uno por ciento. «La distonía del músico es mucho más frecuente de lo que se ha contabilizado hasta ahora», afirma.



Tensión en el cerebro

Practicar de manera intensiva un instrumento musical provoca, bajo ciertas circunstancias, adaptaciones adversas en el cerebro. En la corteza somatosensorial de una pianista, las áreas que reaccionan al contacto de los distintos dedos pueden fusionarse entre sí. Eso altera la sensación háptica y perjudica la comunicación de estas áreas con la corteza motora, implicada en la planificación del movimiento. Como consecuencia, se contraen al mismo tiempo y de manera eventual los grupos musculares antagonistas (como los flexores y extensores de los dedos). Ello conduce a un calambre distónico en los dedos de la mano afectada.

focal que perjudica los músculos inferiores de la mandíbula y la cara. Con frecuencia, cuando empieza la enfermedad, el afectado experimenta pequeños problemas al matizar el tono, sobre todo si toca en un registro o intervalo dinámico determinado. En un estadio más avanzado de la distonía aumentan las dificultades en toda la escala tonal del instrumento: el músico ya no puede controlar los movimientos de la boca ni de los labios en ningún estilo musical.

Riesgo para los músicos profesionales

Las distonías de la mano atormentan, sobre todo, a guitarristas y pianistas. Más raras son las que afectan a instrumentistas de arco y trombonistas (musculatura del brazo), o a baterías y organistas (coordinación de la musculatura de la pierna). Aunque el trastorno les obstaculiza su trabajo, solo el 29 por ciento debe abandonar la profesión de músico.

En Alemania, la probabilidad de que un músico desarrolle una distonía focal en el transcurso de su carrera es de un uno por ciento aproximadamente. Comparado con otros grupos profesionales, el riesgo de padecer este trastorno es elevado. Por ejemplo, en el calambre del escribiente es, con 1 de cada 3000, aproximadamente 30 veces más bajo. Ello se debe, posiblemente, a un fenómeno de umbral: los músicos profesionales experimentan un alto grado de estrés, por lo que buscan ayuda médica ante los más mínimos problemas de motricidad, mientras que los afectados de otras profesiones consultan a un médico cuando las molestias son duraderas e intensas. Además, llama la atención que la distonía del músico se encuentra distribuida de manera desigual entre sexos. Los hombres padecen la enfermedad con una frecuencia unas cuatro veces mayor que las mujeres.

El castigo de los aplicados

Las distonías se desarrollan, sobre todo, en los músicos que se exigen a sí mismo el máximo rendimiento. Largas horas de práctica favorecen el trastorno, sobre todo si el músico se otorga escasas pausas y estudia los pasajes una

y otra vez hasta alcanzar la perfección. Los movimientos repetidos y rápidos, que requieren una enorme y excepcional precisión en la motricidad fina, predisponen a los calambres. También la personalidad del instrumentista desempeña un papel. Los músicos apasionados que se exigen mucho a sí mismos y a su arte corren gran peligro. Además, los afectados suelen padecer ansiedad o han tenido experiencias traumáticas en su vida.

Muchos de estos factores son aplicables a Emerson. Su estilo particular fue con seguridad un desencadenante. Los desarrollos de movimientos rápidos y precisos caracterizaron su forma de tocar al teclado. Músicos amigos y su posterior compañera Kawaguchi describieron a Emerson como un perfeccionista que había luchado incansablemente contra los miedos y la depresión. La primera fase de su distonía, a comienzos de los años 1990, coincidió con varios golpes personales. Pasó por un divorcio, perdió su casa de Sussex en un incendio, y el descalabro financiero que ello le produjo le llevó al borde de la ruina.

La edad a la que una persona comienza a tocar también influye en el riesgo de enfermar. Corren especial peligro las personas que se enganchan al instrumento relativamente tarde: a partir de los 11 años. Quizá se deba a que las redes neuronales de motricidad fina y el procesamiento de la percepción que se originan en la infancia temprana son más eficientes y estables que las que se forman posteriormente. Emerson comenzó a tocar el piano con 8 años, y siempre se describió como autodidacta. Según explicaba, «pequeñas damas ancianas del lugar» le dieron clases de piano de forma esporádica; el virtuosismo con el teclado lo adquirió, en gran parte, por sí mismo.

Aparte de las circunstancias vitales, parece que también los genes repercuten en el riesgo de enfermar, según comprobamos en varios estudios. Casi un tercio de los afectados que evaluamos tenían, al menos, un pariente cercano que padecía o había sufrido una distonía. Entre los familiares de Emerson, sin embargo, no se conoce ningún caso con ese problema.

Entonces, ¿cómo se llega a semejante trastorno? En principio, las distonías son una especie de mal hábito al que el músico se acostumbra al tocar de forma excesivamente intensa. El motivo de que los calambres se graben en el cerebro se encuentra en la denominada «plasticidad maladaptativa»: los procesos neurofisiológicos refuerzan las adaptaciones desfavorables en las redes neuronales. Estas se producen, sobre todo, en el sistema neuromotor, en la corteza somatosensorial y en el área que conecta a ambos, el sistema sensoriomotor.

Para tocar el teclado se necesitan rápidos, controlados y a menudo complicados movimientos de los dedos. Para ello, los músculos deben activarse a la vez y de manera sucesiva en una secuencia determinada para que cada dedo se doble o estire en la forma deseada. Ello se consigue si con la contracción de algunos músculos se inhibe también la activación de los dedos que no participan. En pacientes con una distonía de la mano, los músculos activados permanecen contraídos más tiempo, mientras que los grupos musculares antagónicos y los músculos colindantes se tensan. Así, en la distonía de la mano se incrementa la contracción de los flexores y extensores de las articulaciones de las manos, que son los músculos del antebrazo que intervienen al agarrar y soltar. La mano se tensa y se vuelve rígida. A menudo, esto conduce a una posición anormal, porque los músculos flexores se contraen con mayor fuerza y uno o varios dedos de la mano afectada se repliegan.

Dedos fundidos entre sí

El sentido del tacto de los músicos con distonía también puede presentar alteraciones. La causa se encuentra en este caso en la corteza cerebral. Las sensaciones de roce y tacto de la superficie de todas las regiones corporales llegan a la corteza somatosensorial, donde se procesan para obtener una impresión global coherente. Cada centímetro de piel, cada articulación de un dedo, cada inserción tendinosa, contiene terminaciones nerviosas que aportan a la corteza cerebral sensaciones como presión, dolor, calor, frío, vibración o cambio en la posición de la articulación. Para ello, la superficie del cuerpo se halla organizada «topográficamente» (es decir, como un mapa) en la corteza somatosensorial. Eso significa que una región del hemisferio derecho determinada tiene asignada el dedo índice izquierdo y las áreas colindantes, el dedo corazón o el pulgar izquierdo. Un pianista que ha entrenado sus dedos con esmero para ejecutar movimientos complejos de manera precisa y con rapidez adquiere en su corteza somatosensorial más espacio para el procesamiento neuronal de las más sutiles sensaciones digitales.

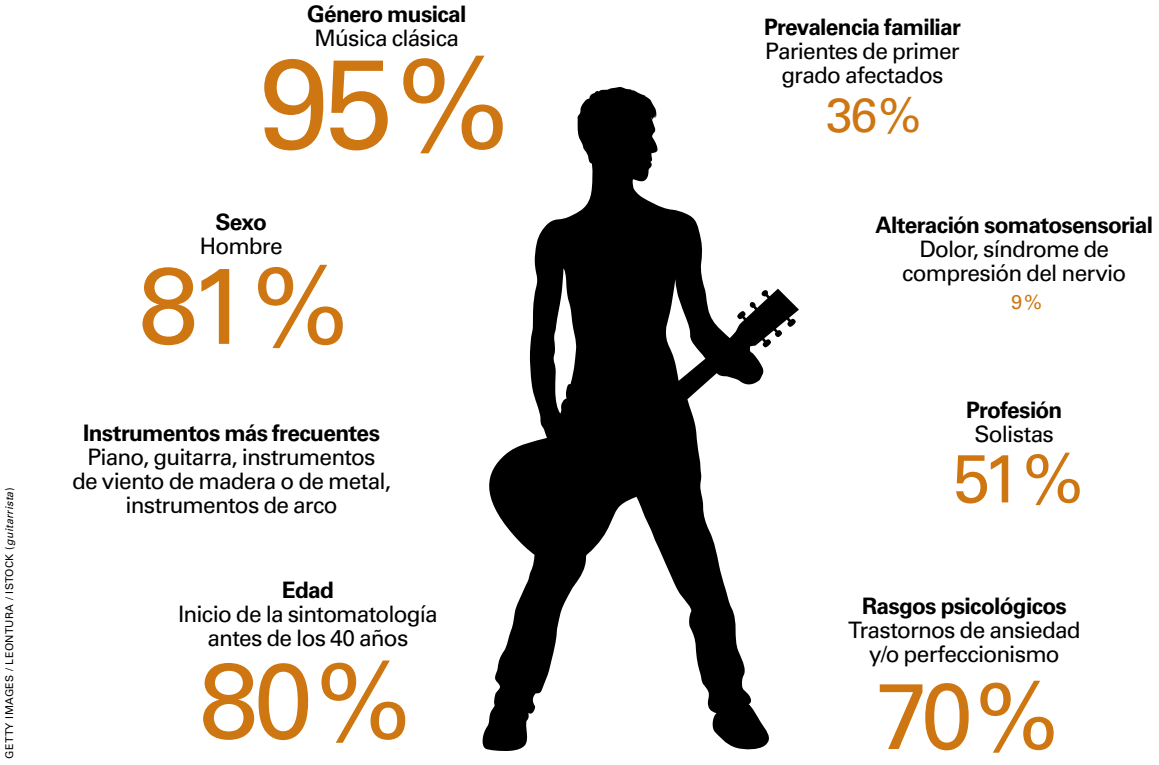
En un principio, estas adaptaciones proporcionan ventajas a los músicos, pero en una distonía resultan exageradas. Con la práctica excesiva, las regiones cerebrales relacionadas con cada uno de los dedos pueden comenzar a «fundirse» unas con otras. De la misma manera, en los instrumentistas de viento con distonía focal, la región cerebral conectada con los labios puede haber cambiado. De este modo, al cerebro le resulta cada vez más difícil diferenciar entre señales de áreas vecinas. Además, los pacientes desarrollan, en parte, problemas para percibir dos estímulos consecutivos por separado en el tiempo (posiblemente, ello se deba a un mal funcionamiento de sus ganglios basales).

EL AUTOR

Eckart Altenmüller es neurólogo, además de músico entusiasta. Dirige el Instituto de Fisiología Musical y Medicina para Músicos y el Ambulatorio para Músicos de la Escuela Superior de Música, Teatro y Medios de Hannover.

Factores de riesgo

A través de varios estudios, el autor y sus colaboradores preguntaron a cientos de músicos distónicos sobre su profesión y sus costumbres. Los datos revelan la frecuencia de determinados factores en la distonía del músico.



GETTY IMAGES / LEONTURA / ISTOCK (*guitarrista*)

Con frecuencia, la interacción de las impresiones sensoriales y las señales motoras se hallan disminuidas en los sujetos distónicos. Por este motivo, una artimaña sensorial puede aliviar ciertos síntomas: algunos pacientes controlan mejor su motricidad fina tan pronto como se cubren las manos con guantes de látex o sostienen entre los dedos un objeto (por ejemplo, una goma de borrar) cuando se ponen a tocar. De esa forma, modifican sus sensaciones hápticas y evitan el circuito cerebral erróneo. No obstante, en la mayoría de los casos, ese efecto dura poco, ya que el cerebro se acostumbra con rapidez al estímulo extraño, de modo que retoma el patrón antiguo. El mismo principio se emplea en el «reentrenamiento» sensorial, en el que los pacientes desaprenden los procesos patológicos para adquirir, de nuevo, las secuencias de movimiento sanas. Curiosamente, los distónicos que encuentran una solución en los guantes de látex son los que presentan una mejor respuesta al reentrenamiento.

En los últimos años, un grupo de investigadores hemos constatado que en el cerebro de los distónicos se modifican también las redes neuronales muy ramificadas. En nuestros pacientes observamos alteraciones en distintas áreas cerebrales. Los ganglios basales se comunicaban de modo menos eficiente con el cerebelo, el intercambio de información en la corteza premotora estaba dañada y la corteza sensitivomotora presentaba, en comparación con las personas sanas, una conexión con áreas de los lóbulos parietales debilitada. Pero aún debe averiguarse qué papel desempeña cada red en la aparición de la enfermedad y si las alteraciones en estas regiones cerebrales afectan de forma diferente a distintos pacientes.

¿El fin de su carrera?

Tan solo hace dos décadas, el diagnóstico de distonía del músico significaba un destructivo golpe profesional y emocional para la mayoría de los afectados. Emerson también describió ese tipo de sentimientos en su autobiografía *Pictures of an exhibitionist*. En la actualidad, existen terapias que posibilitan a los músicos distónicos seguir desempeñando su profesión. Los elementos ergo-

nómicos de ayuda, como pequeñas férulas para los dedos que reducen el retraimiento de los mismos, aportan un alivio. Incluso la adaptación del estilo o del repertorio puede bastar para que continúe tocando a alto nivel. Aunque existen procedimientos de reentrenamiento, en su mayoría requieren una gran libertad de acción en lo profesional, así como una intensa cooperación del músico con terapeutas del movimiento especializados. En estos tratamientos, los afectados tienen que desaprender los patrones de movimiento patológicos y sustituirlos por otros más funcionales y favorables. Además, los ejercicios sirven para suprimir las contracciones musculares involuntarias. También pueden administrarse fármacos. Por lo general, suele utilizarse el trihexifenidilo, medicamento para aliviar los síntomas del párkinson, y el anticonvulsivo clonazepam. La estereotipia dinámica suele tratarse, a menudo con éxito, mediante antidepresivos del grupo de los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina, entre los que destacamos el escitalopram.

También la toxina botulínica (más conocida como bótox) puede relajar los músculos que se agarrotan. Antes del tratamiento con la toxina nerviosa, determinamos el patrón de movimiento patológico en cada paciente. Le pedimos que toque su instrumento musical mientras lo examinamos con ultrasonidos o con un electromiógrafo, dispositivo que mide las corrientes eléctricas en el músculo. De esta manera, identificamos los grupos musculares que se contraen de forma involuntaria e inyectamos directamente la toxina nerviosa en ellos. Las zonas tratadas se distienden, porque el bótox interrumpe la transmisión de los impulsos nerviosos desde el cerebro a los músculos de manera temporal. El efecto terapéutico se mantiene entre unos tres y nueve meses. Pasado ese tiempo, debe repetirse el procedimiento.

Para los pianistas y teclistas es posible que pronto exista una opción terapéutica adicional: los investigadores están analizando la posibilidad de utilizar la estimulación transcraneal mediante corriente continua. Aplican una corriente continua débil directamente sobre el cráneo del músico con distonía con el objetivo de inhibir las regiones motoras del hemisferio que presenta lesiones y activar las del lado sano. Mientras estimulan una mitad de la cabeza del paciente eléctricamente, este ejecuta movimientos rápidos y simétricos con los dedos sobre el teclado. Los patrones de movimiento del hemisferio sano deberían «copiarse» sobre el hemisferio afectado y que se ha inhibido eléctricamente de manera provisional. Los primeros estudios han revelado que los síntomas tratados de esta manera mejoran. No obstante, hasta ahora los efectos han sido efímeros. Con todo, ya se están ideando nuevas investigaciones para estudiar la aplicación a largo plazo de este método.

Durante años, Emerson se aplicó a sí mismo una y otra vez inyecciones de bótox. Al parecer, esto mitigó sus molestias, puesto que entre 1994 y 2015, de cuando en cuando volvía a pisar los escenarios. No obstante, en sus últimos años de vida, los síntomas aumentaron de tal manera que llegaron a provocarle el miedo al fracaso. El temor, la alta presión psicológica y el diagnóstico de alcoholismo asociado a depresión contribuyeron, probablemente, a que acabará suicidándose. Greg Lake (1947-2016), otro componente del grupo ELP, hizo un llamamiento en su página web a los fans de la banda para recordar a Emerson no por su muerte, sino por su trabajo. Escribió: «Yo me acordaré siempre del increíble talento musical de Keith Emerson y de su pasión por entretener a la gente. La música fue su vida, y estoy seguro de que la música que él ha creado seguirá viviendo por siempre». ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 97

PARA SABER MÁS

Pictures of an exhibitionist. K. Emerson. John Blake, Londres 2004.

The challenge of diagnosing focal hand dystonia in musicians. Jaume Rosset Llobet et al. en *European Journal of Neurology*, vol. 16, n.º 7, págs. 864-869, 2009.

Focal dystonia in musicians: Phenomenology, pathophysiology and triggering factors, and treatment. E. Altenmüller y H.-C. Jabusch *en Medical Problems of Performing Artists*, vol. 25, págs. 3-9, 2010.

Finger-specific loss of independent control of movements in musicians with focal dystonia. S. Furuya y E. Altenmüller en *Neuroscience,* vol. 247, págs. 152-163, 2013.

Sensory trick phenomenon improves motor control in pianists with dystonia: Prognostic value of glove-effect. S. Furuya, E. Altenmüller, J. Paulig et al. en *Frontiers in Psychology*, vol. 5, art. 1012, 2014.

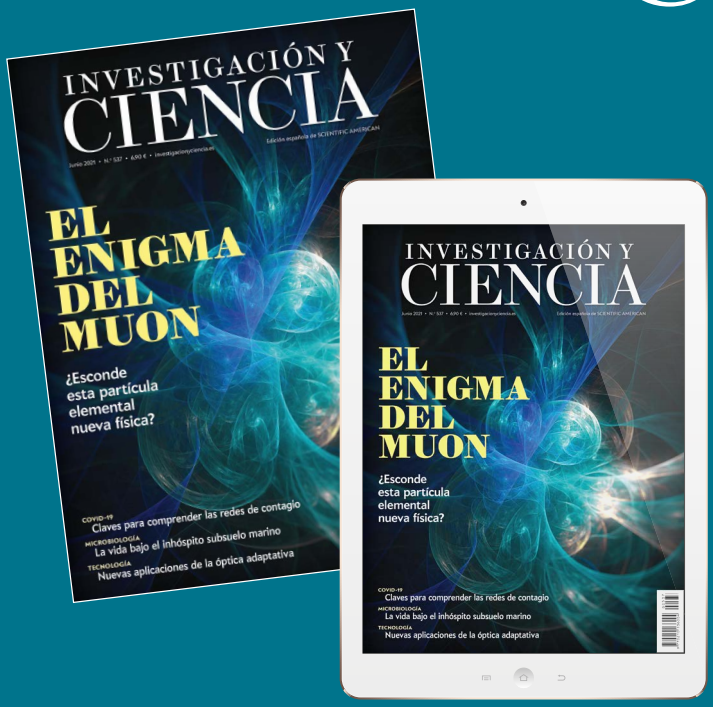
VÍDEOS DE KEITH EMERSON

En plena forma: **https://www.youtube.com/watch?v=4igIQ2TOASg**

Con distonía del músico. Budapest, 1992: **https://www.youtube.com/watch?v=bWszM3-C4gM**

En el festival Tollwood. Múnich, 1997: **https://www.youtube.com/watch?v=IzolW_zewUE**

SUSCRÍBETE A INVESTIGACIÓN Y CIENCIA



Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** sobre el precio de portada
  ~~82,80 €~~ 75 €
  por un año (12 ejemplares)
  ~~165,60 €~~ 140 €
  por dos años (24 ejemplares)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción

Y además elige 2 números de la colección TEMAS gratis

www.investigacionyciencia.es/suscripciones

Teléfono: +34 935 952 368

ENFERMEDAD MENTAL La ascensión y la caída de Brian Wilson, líder del conjunto musical Beach Boys, muestra cuán crucial puede ser la función ejecutiva del cerebro para la creatividad

Brian Wilson: loco por la música

BRIAN LEVINE

¿En qué difiere el mero talento del genio creativo? Nadie lo sabe a ciencia cierta. Pero nadie cuestiona que muchos avances artísticos y descubrimientos científicos se consiguieron entre los 20 y los 30 años edad, cuando se poseen ya habilidades técnicas considerables y no se han adoptado todavía los hábitos rígidos de las generaciones precedentes.

Los estudios psicológicos indican también que las personas creativas comparten un alto riesgo de padecer una enfermedad mental grave. En ciertos individuos, los trastornos pueden contribuir a la consecución de resultados extraordinarios. Pero esta misma condición acaba, muy a menudo, arruinando su creatividad y sus vidas. Quizá ninguna otra historia ejemplifique mejor hasta qué punto la enfermedad mental puede dar alas primero y aplastar después la creatividad que la vida y la obra de Brian Wilson.

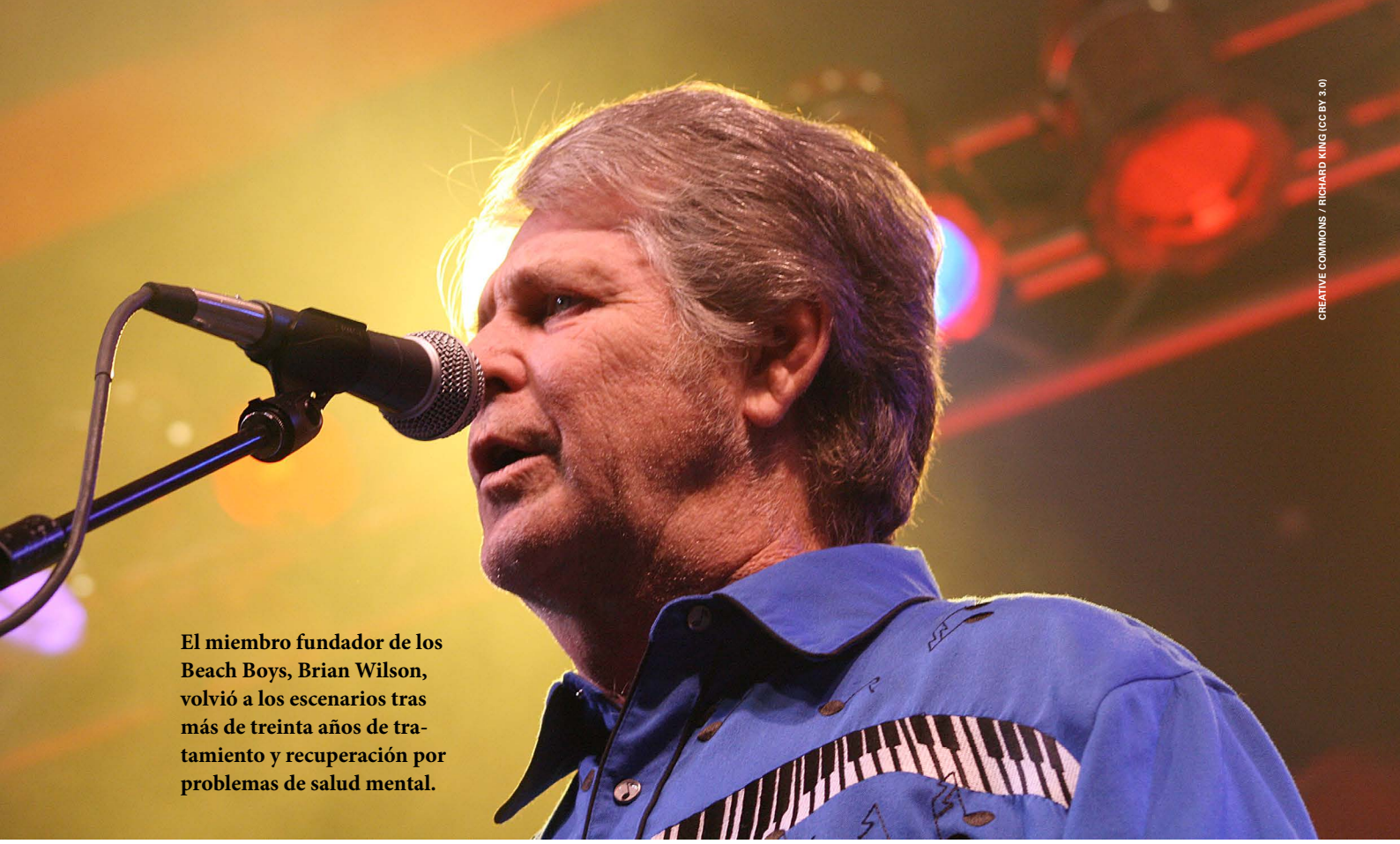
A los 22 años, Wilson había ya inventado una nueva forma de música folk, logrando de paso un enorme éxito con su grupo, los Beach Boys. Entre 1962 y 1965, el conjunto se aupó a la cabeza de las ventas discográficas en 16 ocasiones; entre otras, figuraron *Surfin' USA*, *Little Deuce Coupe* y *I Get Around*. No contento con esto, Wilson, letrista, arreglista y productor del grupo, expandió su panorama musical en 1966 con el álbum *Pet Sounds* de los Beach Boys. Este disco cambió el curso del pop moderno con técnicas de estudio originales, complejas estructuras rítmicas y armónicas tomadas del jazz y de la música clásica, instrumentación insólita y letras profundas, llenas de introspección y sentimiento. El legendario director y compositor Leonard Bernstein alabó a Wilson como uno de los grandes compositores del siglo XX, y Paul McCartney, de los Beatles, reconocía en *Pet Sounds* una fuente de inspiración del álbum de su grupo, aparecido en 1967, *Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band*, pieza a su vez crucial en el desarrollo musical de los Beatles.

En síntesis: Entre genio y locura

1 Las personas muy creativas tienden hacia conductas excéntricas. En el caso de Brian Wilson, del grupo californiano los Beach Boys, una grave enfermedad mental lo transformó.

2 Una psicosis afectiva ensombreció los éxitos del músico y compositor. Dicho trastorno mental se asocia con una alteración de los lóbulos frontales y, así, de las funciones ejecutivas.

3 La disfunción ejecutiva no afecta de forma directa las dotes musicales, pero sí la flexibilidad de desarrollarla. La «resurrección» de Wilson revela que esas capacidades se pueden recuperar.



CREATIVE COMMONS / RICHARD KING (CC BY 3.0)

El miembro fundador de los Beach Boys, Brian Wilson, volvió a los escenarios tras más de treinta años de tratamiento y recuperación por problemas de salud mental.

Para su infortunio, la obra de Wilson quedó pronto ensombrecida en la consciencia popular por su declive mental continuo y muy notorio. Cuando contaba veintipocos años, edad crítica para la aparición de diversas alteraciones psiquiátricas, la actitud antisocial del artista, su depresión y su paranoia dejaron paso a manifiestas alucinaciones y delirios. En la siguiente década, su estado empeoró y, durante años, se mostró incapaz de desenvolverse de forma coherente en sociedad, no digamos si comparamos sus manifestaciones con las del nivel mostrado por el creador de éxitos discográficos.

Padecía una enfermedad mental progresiva: una psicosis afectiva, que produce una afectación de la función ejecutiva cerebral, esto es, la capacidad de los lóbulos frontales para planear, coordinar y ejecutar. Remeda las funciones que desempeña un director ejecutivo en una empresa. Los neurofisiólogos cognitivos todavía no se han puesto de acuerdo en torno a la definición de función ejecutiva y su influencia sobre la conducta. Pero el caso de Wilson proporciona una prueba poderosa de su influencia.

Hoy [2005], treinta años después del inicio de su declive, Wilson ha resurgido como una persona sana y ha vuelto a escribir música. Su increíble historia muestra que la función ejecutiva puede liberar la creatividad, que su fracaso puede no solo paralizarla, sino también cortar la capacidad para manejarse en la vida cotidiana y que el tratamiento adecuado y el apoyo proporcionado por los psiquiatras y sus seres queridos puede crear formas de compensación que, como en el caso de Wilson, lleguen incluso hasta la recuperación.

«Hasta que muera»

Los neurofisiólogos afirman que los lóbulos frontales llevan a cabo procesos cognitivos de alto nivel que nos permiten controlar y dirigir los procesos de bajo nivel. Tales funciones ejecutivas nos conceden transformar un montón desordenado de piezas de rompecabezas en un cuadro coherente. Pensemos, por ejemplo, en los preparativos de un viaje. Nuestro «director ejecutivo» de los lóbulos frontales ordena y jerarquiza los pasos a dar, establece un plan para conseguir la meta y encuentra nuevas tácticas cuando cambian las circunstancias.

Puesto que los lóbulos frontales interactúan con múltiples sistemas cerebrales, las funciones ejecutivas se muestran sensibles ante las enfermedades cerebrales, los trastornos psiquiátricos y el abuso de drogas. Pese a su papel central y elevado grado de vulnerabilidad, las funciones ejecutivas distan de ser tan bien entendidas o apreciadas como la memoria, la percepción y otras capacidades mentales, mucho más accesibles a la investigación de laboratorio.

Dado que la demanda de funciones ejecutivas es mayor en las situaciones novedosas y sin estructurar, los pacientes con dificultades ejecutivas aparecen a menudo como normales cuando se realizan las pruebas psicológicas y neurológicas rutinarias. Por ello, las disfunciones ejecutivas a menudo no se diagnostican, ni siquiera en aquellas personas que se encuentran discapacitadas por su causa.

Las innovaciones creativas realizadas en *Pet Sounds* coincidieron con el desencadenamiento de la psicosis de

CAPITOL RECORDS / DOMINIO PÚBLICO

En los años sesenta, los Beach Boys, de la mano de Brian Wilson (*primero por la izquierda*), se convirtieron en uno de los conjuntos más famosos de la historia de la música.

Wilson, caracterizada por una relajación de las relaciones entre las ideas. (Nuestro trabajo ha manejado, entre otras fuentes, *The Beach Boys*, de David Leaf, y *The Nearest Faraway Place: Brian Wilson, The Beach Boys, and the Southern California Experience*, de Timothy White; *A & E Biography*; y entrevistas realizadas por los medios de comunicación al propio Wilson, especialmente *Larry King Live* en 2004. No he hablado personalmente con Wilson ni tampoco he visto su historial médico, pero todas las fuentes consultadas coinciden en una descripción que los expertos calificarían como psicosis).

La enfermedad mental no hace creativa a una persona. Pero ciertos individuos, dotados de una visión artística y particulares habilidades técnicas, pueden, a veces, transformar esa relajación de relaciones entre ideas en asociaciones artísticas inspiradas. Tales asociaciones novedosas pueden resultar difíciles de embridar para el individuo, ya que una persona con psicosis es traicionada por sus propias percepciones desordenadas. Es una enfermedad solitaria, que Wilson quizá conscientemente retrató en 1971 cuando escribió *Till I Die* («Hasta que muera»). La exuberante música de la canción, una reminiscencia del mar, se encuentra en poderosa yuxtaposición con la letra: «Soy un corcho en el océano / Flotando en un mar embravecido... Soy una hoja en un día ventoso / Muy pronto habré desaparecido...»

Wilson alcanzó un punto de ruptura a finales de 1964, en un avión rumbo a Houston, donde sufrió una crisis nerviosa. Desde ese instante interrumpió sus giras con los Beach Boys, para concentrarse en escribir y en el trabajo de estudio. Utilizó a los Wrecking Crew para las sesiones de grabación instrumental, los mismos músicos de estudio empleados por su ídolo, Phil Spector, quien codificó el papel del moderno productor de discos con las creaciones de los Crystals y los Ronettes, como fue el de *Da Doo Ron Ron*. El nuevo giro de Wilson, expresado en los dos álbumes de 1965, *The Beach Boys Today!* y *Summer Days (and Summer Nigths!!)*, introdujo elementos que se conjuntarían más adelante, en plenitud, en *Pet Sounds*.

Para crear *Pet Sounds* Wilson reclutó a un nuevo colaborador, Tony Asher. Debía ayudarle a crear letras que rompieran con los temas trillados del surf, las chicas y los coches. Wilson componía las canciones al piano, empezando por fragmentos que representaban cierto estado de ánimo. Cuando pasaban al estudio de grabación, tenía todos los arreglos en su cabeza y entonces los deconstruía, enseñando a los músicos sus partes, instrumento por instrumento, desde las cuerdas, trompas y acordeones hasta las jarras de agua, los timbres de bicicleta y el theremin, un cachivache electrónico que emitía ruidos espeluznantes en las viejas películas de miedo y que adquirió resonante fama con la canción de los Beach Boys, «Good Vibrations».

A menudo, Wilson ejecutaba por sí mismo las distintas partes. Tocaba todos los instrumentos. Las tomas falsas del trabajo de Wilson en el estudio (que se incluían en el *Pet Sounds Sessions* de 1996) dan la impresión, para el observador, de que está contemplando a un líder visionario de 23 años dirigiendo a unos músicos viejos y avezados para que se percataran de su concepción artística.

Los últimos elementos en ser añadidos al álbum fueron las voces de los Beach Boys. Nadie, excepto Wilson, conocía de antemano cómo iban a integrarse las piezas componentes hasta que él las reunió en el estadio final de la producción. Y como escribió Timothy White, editor jefe de la revista *Billboard*, en las notas a *Pet Sounds Sessions*: «Lo que brilla de la forma más resplandeciente por todo el exquisito material musical de Brian es la presencia de algo intangible: la persistente creencia en el perdurable poder de lo mejor de uno mismo».

Grabar las múltiples pistas instrumentales y vocales e integrarlas en un todo coherente, como hizo Wilson, remeda la función ejecutiva del cerebro: manejar muchas corrientes de información que se hallan en la memoria a corto plazo y conferirles un propósito coherente.

Por esa misma época, otros productores grababan canciones relativamente simples en una sola «toma» en la que actuaba todo el grupo a la vez. Wilson, sin embargo, mantenía en su mente todo un cúmulo de intrincados arreglos y armonías sinfónicas, grababa las distintas partes por separado y solo más adelante reunía las piezas del rompecabezas. La canción *Good Vibrations*, una «sinfonía de bolsillo» en palabras de Wilson, se grabó en 17 sesiones en varios estudios. Su éxito fue tal, que se la considera, de manera unánime, una de las mejores canciones de la historia de la música pop. De hecho, «Good

El «director ejecutivo» del cerebro

El papel de la función ejecutiva en la conducta humana consiste en coordinar las actividades que se necesitan para establecer metas, hacer planes para conseguir esas metas, organizar pasos para llevar a cabo esos planes y asegurarnos de que los resultados deseados se han conseguido. Semejante capacidad puede equipararse a la función que desarrolla un jefe ejecutivo en una compañía. Los psicólogos no han alcanzado todavía un acuerdo, pero la mayoría reconoce que las múltiples funciones ejecutivas están mediadas por los lóbulos frontales. Algunas de las principales funciones ejecutivas se describen a continuación.

Pensamiento abstracto. **Establecer relaciones entre estímulos —ver el bosque antes que los árboles— depende del pensamiento abstracto. Imagine el lector que se le pide que reúna en dos grupos unas tijeras, un vaso de agua, un hacha y una carretilla. Puede decidir que las tijeras y el vaso de agua van juntos porque se usan dentro de casa, mientras que el hacha y la carretilla pertenecen a otro grupo porque se usan en el exterior.**

Desplazamiento de la atención. **¿Puede descubrir el lector otra forma de agrupar esos objetos? Las tijeras y el hacha cortan, los vasos y las carretillas contienen algo. Muchas personas con déficits ejecutivos encuentran difícil desplazar la atención y se mantienen inflexibles en sus percepciones y conductas originarias, aun cuando la utilidad de tales asociaciones haya expirado hace tiempo.**

Manejo de la información. **Casi todas las operaciones cognitivas de alto nivel requieren el manejo en tiempo real de información almacenada en la memoria a corto plazo. Para preparar una cena, un anfitrión tiene que hacer juegos malabares con los múltiples horarios que conlleva la preparación de los diferentes platos y considerar gustos y aversiones de los invitados.**

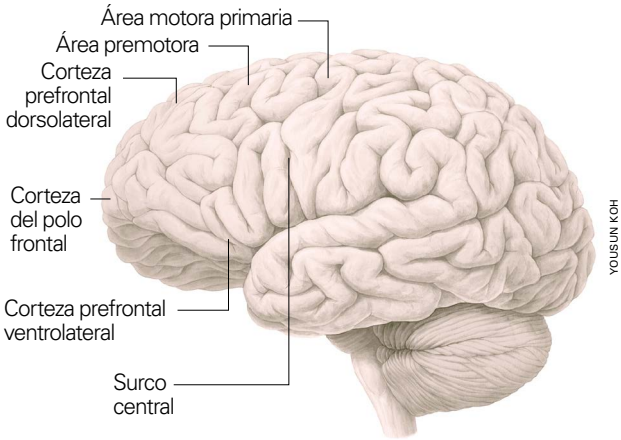
Planear y prever. **Los preparativos de unas vacaciones requieren prever y analizar las condiciones y necesidades del destino, que pueden ser muy diferentes de las condiciones y necesidades habituales en el hogar. Un paciente con disfunción ejecutiva suele ser incapaz de escaparse de un modelo presente y establecer un modelo mental novedoso y apto para un futuro determinado.**

Controlar y corregir los errores. **Estos procesos se ponen en marcha cuando los resultados no se corresponden con las intenciones. El efecto puede verse, por ejemplo, en una mujer que se dirige en coche a una pastelería a fin de comprar un dulce para una cena con invitados que está preparando para esa tarde y encuentra cerrado el establecimiento. Puede dirigirse a otra pastelería que se halla en el otro extremo de la ciudad, sin advertir que un viaje tan largo no le permitiría regresar a casa hasta mucho después de que sus invitados hubieran llegado.**

Toma de decisiones. **Piense en un hombre con problemas para llegar a fin de mes. Puede recortar gastos o incrementar los ingresos, pero cualquiera de los dos caminos requiere que sopese opciones, llegue a una decisión y la ponga en práctica. Los pacientes con dificultades ejecutivas no pueden tomar una decisión, en particular si hablamos de situaciones en las que la respuesta correcta no es evidente o no la ha aprendido de antemano. Estos sujetos pueden seguir ciegamente las sugerencias de otras personas, por lo que quedan siempre expuestos a la explotación ajena.**

Inhibición. **Las respuestas automáticas pueden ser inútiles o incluso hirientes. Imagínese que acaba de ganar un premio importante. Su reacción inmediata sería muy probablemente contarle a todo el mundo la buena noticia cuanto antes. Pero esperar, que sería lo correcto, hasta que los otros finalistas hayan sido informados de su pérdida, requiere inhibición.**

Desenvolvimiento social. **Los errores en la valoración o en la emisión de señales sociales pueden acarrear consecuencias devastadoras. La principal preocupación de un paciente con demencia del lóbulo frontal al ver que su esposa se había cortado en un accidente casero con un aparato eléctrico y estaba sangrando abundantemente fue que el aparato estuviera limpio lo antes posible.**



YOUSUN KOH

Varias regiones de los lóbulos frontales (situados delante del surco frontal) están asociadas con diferentes funciones. Así, las áreas motoras son importantes para los movimientos voluntarios. La corteza prefrontal interviene en las funciones ejecutivas.

DE LA COLECCIÓN DE RECUERDOS DE BEACH BOYS PROPIEDAD DE EUGENE LANDY

Con el debut de su enfermedad, Wilson engordó rápidamente (*izquierda*). Su terapeuta, Eugene Landy, dirigió su vida e incluso su carrera en la mitad de la década de los setenta y entre 1983 y 1991.

Vibrations» representó el maridaje más acabado en Wilson entre creatividad y funciones ejecutivas y provocó una transición clave en la música pop, en la cual el estudio pasó a constituir una pieza fundamental de la creación.

¿Cómo pudo llevar a cabo esa monumental hazaña de visión y concentración, mientras padecía una enfermedad mental grave? Los síntomas psicóticos no son estáticos; van y vienen. La productividad de Wilson alcanzó su cenit cuando sus síntomas se encontraban en remisión. En esos períodos podía explorar asociaciones novedosas, cribarlas, recrearlas e integrarlas en un todo coherente, merced a sus dotes musicales y capacidades ejecutivas.

Dos años en cama

Los dones que había recibido quedaron pronto eclipsados por la enfermedad mental progresiva. El equilibrio entre la inspiración y la capacidad cognitiva para realizar esa inspiración se rompió en 1967, cuando él y el letrista Van Dyke Parks estaban armando *Smile*, una colección integrada por cortes de álbumes y centrada en la cultura norteamericana y su historia. Que las facultades de Wilson iniciaron un camino descendente se refleja en el «control de producción». Esta función ejecutiva proporciona al sujeto la capacidad de comparar sus acciones con sus intenciones o, lo que es lo mismo, la capacidad de explorar y cribar los errores cometidos y las malas ideas.

Wilson había utilizado recursos insólitos, aunque sumamente acertados, en *Pet Sounds*; así, los timbres de bicicletas para evocar momentos de la niñez perdida. Pero su búsqueda de novedades sonoras durante la realización de *Smile* cayó en la extravagancia: disfrazó a sus músicos con sombreros de fuego durante la grabación de «Mrs. O'Leary's Cow», amén de colocar el piano en una caja de arena. Se era indulgente con esas excentricidades de «genio». Nadie las atribuía a una enfermedad mental grave. Tamaña falta de «control de producción» se pone también de manifiesto en la grabación original de *Pet Sounds*, en la que Wilson, un consumado perfeccionista, permitió que se colara un bisbiseo de fondo en la grabación final.

Una vez que hubo completado los distintos elementos sueltos de *Smile*, pareció incapaz de integrarlos apropiadamente. Parks, harto de no llegar a nada, acabó por abandonar el proyecto. Capital Records presionaba a Wilson para que produjese algo, pero en un estado de gran fragilidad emocional y sin el apoyo de los componentes de su banda, dejó el proyecto *Smile* a mediados de 1967. Ese mismo verano, Jimi Hendrix tocó literalmente la marcha fúnebre de la música surf en el festival de música pop de Monterrey.

La salud mental de Wilson se encontraba ya gravemente deteriorada, con brotes ocasionales de depresión suicida y de psicosis. El consumo de drogas, un intento quizá de autotratamiento de sus síntomas (procedimiento bastante común entre los pacientes afectos de psicosis) no se detuvo ante la heroína, ni sobre todo la cocaína. Tuvo intervalos de creatividad, pero nunca volvió a alcanzar la amplitud y la complejidad de sus anteriores trabajos.

Padre de dos niños, fue incapaz de asumir sus obligaciones. Se separó de su esposa en 1978. A comienzos de los ochenta engordó hasta llegar a pesar más de 140 kilos. Se recluyó en la cama durante dos años y medio. Aunque tuvo períodos de hospitalización y de desintoxicación, no siguió un verdadero tratamiento. Sus apariciones públicas se hicieron también muy irregulares. La prensa y otros medios de comunicación lo atacaron y se mofaron de sus extravagancias. Sin embargo, visto desde la perspectiva del paciente, quedarse en la cama tiene perfecto sentido cuando uno se halla inmerso en una realidad trastornada.

Como es frecuente que suceda con los pacientes que presentan disfunciones ejecutivas, el comprometido estado de Wilson le hacía muy vulnerable a la explotación. Su propio psicólogo, Eugene Landy, dirigió su vida y su carrera en la mitad de la década de los setenta y, de nuevo, entre 1983 y 1991. Aunque Landy consiguió apartar a Wilson de las drogas ilegales y le ayudó a perder peso, fomentó una relación de dependencia: le administró drogas psicotrópicas, actuó como si fuera su consejero financiero e incluso intentó colaborar con el artista escribiendo y cantando canciones con él. La familia de

EL AUTOR

Brian Levine, director científico del Centro Baycrest de Cuidados Geriátricos del Instituto Rotman de Investigaciones de Toronto, enseña psicología y neurología en la Universidad de Toronto.

Wilson llevó a los tribunales a Landy en 1990 y la vista del proceso se celebró un año después. La sentencia cortó el contacto entre Wilson y Landy, quien ya había perdido su licencia para ejercer la profesión en California tras admitir que había administrado ilegalmente drogas a su paciente.

Prótesis creativa

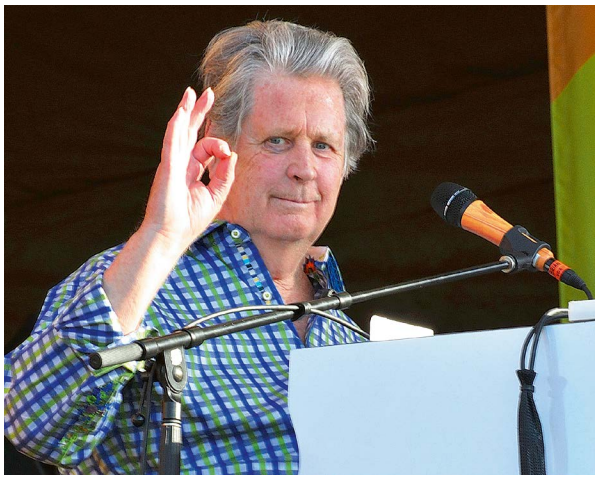
A lo largo del decenio de los noventa recibió un tratamiento más convencional, incluyendo medicación y psicoterapia. Volvió a casarse y su vida matrimonial fue estable. Durante la entrevista con Larry King, Wilson y Melinda revelaron que el cantante había sido diagnosticado de un trastorno esquizoafectivo, una combinación de psicosis y de estado de ánimo anormal. Con el apoyo de su esposa y de sus compañeros del mundo de la música, fue reapareciendo en público, grabando álbumes y actuando en solitario, acompañado por músicos del conjunto Wondermints y del antiguo guitarrista de los Beach Boys, Jeff Foskett.

La considerable mejora que se ha producido en el tratamiento de los trastornos esquizoafectivos ha ayudado a Wilson y también a muchos otros pacientes. Después de más de 30 años, volvió a dirigir su atención hacia *Smile*, uno de los álbumes no editados más importantes de la música contemporánea. Tornó a encontrase cómodo en un estudio de grabación. La disfunción ejecutiva no compromete directamente la memoria o las dotes musicales adquiridas. Pero sí repercute en la capacidad para desarrollarlas flexiblemente, en particular ante una situación sin estructurar en la que no hay claras respuestas afirmativas o negativas, como sucede en la creación de un álbum.

Wilson lanzó *Smile* en 2004, con 62 años cumplidos, y provocó la aclamación del mundo entero. Su éxito es atribuible tanto a la cualidad del material original como a la guía y al apoyo de quienes le ayudaron a ensamblar las piezas, es decir, a la gente que actuó como si fuera una prótesis de los lóbulos frontales de Wilson. Este reconoció la necesidad de ayuda en 1976 cuando declaró durante una sesión de grabación: «Algo le ha pasado a mi concentración. No sé exactamente qué, pero de una forma u otra me he debilitado. He perdido capacidad de concentración y vigor para llevar las cosas adelante».

Wilson alcanzó su cenit creador en su juventud, a pesar de su enfermedad mental y quizás en parte a causa de la misma. Un trastorno que acabó por despojarle de las capacidades cognitivas necesarias para crear arte y, de paso, a punto estuvo de destruirle. El retorno del artista demuestra que, con el tratamiento y el soporte adecuados, los sujetos con una enfermedad mental pueden funcionar a un alto nivel en las áreas en las que son expertos, aun cuando persistan los síntomas.

Durante este doloroso ínterin, la vida se llevó por delante a otros miembros de su familia integrados en los Beach Boys. Dennis, hermano de Wilson y corazón de la banda, falleció en 1983. Su otro hermano, Carl, el guitarrista de la voz angelical, murió de cáncer en 1998. Por otro lado, mientras que *Pet Sounds* estaba perfectamente acorde con su tiempo, el entorno político, cultural y social en el que germinó *Smile* se convirtió en víctima de la violencia, la guerra y la inocencia perdida.



CREATIVE COMMONS / TAKAHIRO KYONO (CC BY 2.0)

En 2012, Brian Wilson se reunió en Nueva Orleans con su antigua banda Beach Boys. Su aparición pública demostró que se había recuperado.

Parafraseando al experto en psicología de la memoria Endel Tulving, del Instituto Rotman de Investigaciones de Toronto, la flecha del tiempo vuela siempre adelante, pero la memoria nos dota de capacidad para hacer que esa flecha gire sobre sí misma y contemple el pasado en nuestras mentes, recuperando así, aunque solo sea en la fantasía, lo que hace mucho que quedó atrás. Si la pública resurrección de Wilson nos permitía abrigar la esperanza de esa recuperación, el *Smile* de 2004, haciendo volver a la flecha del tiempo 37 años atrás, nos ofreció la prueba tangible de esa recuperación. Es posible entonces que *Smile* haya realizado un propósito mayor, más allá de su desbordante y creativa música: demostrar que lo que una vez se perdió puede recuperarse. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 24

PARA SABER MÁS

Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. D. T. Stuss y B. Levine en *Annual Review of Psychology*, vol. 53, páginas 401-433, 2002.

Forty lives in the bebop business: Mental health in a group of eminent jazz musicians. G. I. Wills en *British Journal of Psychiatry*, vol. 183, n.º 3, págs. 255-259, 2003.

Wouldn't it be nice: Brian Wilson and the making of the Beach Boys' *Pet Sounds*. C. L. Granata. Chicago Review Press, 2003.

PÉRDIDA AUDITIVA Escuchar habitualmente música con cascos, a todo volumen, puede causar sordera parcial a los 40 o 50 años de edad. Los neurobiólogos explican cómo los sonidos intempestivos destruyen las células auditivas

Cuando la música nos ensordece

ANNA LORENZEN

Nuestro sentido del oído obra un pequeño milagro todos los días. El caos de ondas sonoras detectadas por las células ciliadas del oído interno se transforma en palabras o música en los centros auditivos del cerebro. Pero este sistema de detección también es muy sensible al ruido excesivo, que, en el peor de los casos, conduce a un silencio permanente o a la percepción de pitidos persistentes en el oído. A pesar de este riesgo, en lugar de protegerse los tímpanos lo mejor posible, muchas personas se exponen voluntariamente a ruidos más fuertes de lo aconsejable. El problema comenzó en 1979, con la aparición de los primeros reproductores portátiles. Estos pequeños aparatos permitían llevar la música a todas partes y escucharla mediante auriculares internos o con cascos. Hoy en día, todos los teléfonos inteligentes ofrecen esta función. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el número de personas que usan auriculares a diario aumentó un 75 por ciento entre 1990 y 2005. Y mil millones de jóvenes en todo el mundo corren el riesgo de sufrir pérdida de audición. A menudo subestiman el peligro, ya que el daño suele manifestarse al cabo de los años.

LA AUTORA

Anna Lorenzen es doctora en neurociencia y periodista científica.

Mil millones de jóvenes en riesgo

El deterioro auditivo inducido por el ruido fue muy frecuente en el pasado, sobre todo en sectores como la construcción de carreteras y estructuras metálicas o la industria del automóvil. En la década de 1970, en Alemania, y una década después en el resto de Europa, se promulgaron los primeros reglamentos sobre la protección contra el ruido en el lugar de trabajo.

En 2006, se endureció la reglamentación en el seno de la Unión Europea. Desde entonces, el empleador debe proporcionar protección auditiva si el nivel de sonido supera los 80 decibelios en una jornada de ocho horas, así como para cuatro horas de trabajo a más de 83 decibelios, o si se excede de breves exposiciones por encima de 120 decibelios. A modo de comparación, una conversación normal emite un nivel sonoro de unos 60 decibelios, la sirena de una ambulancia alcanza unos 110 decibelios, y un martillo neumático, 130 (razón por la que los trabajadores deben llevar cascos de protección auditiva).

GETTY IMAGES / MAX-KEGFIRE / ISTOCK

En síntesis: Sonidos que dejan huella

1 Escuchar música con cascos o auriculares internos expone los tímpanos a intensidades de sonido del orden de 110 decibelios, lo que causa la muerte de las células ciliadas del oído interno.

2 Uno de cada diez jóvenes sufre una pérdida de audición de unos 15 decibelios; ello reduce su sensibilidad en un factor de 30.

3 El uso de tapones para los oídos o de limitadores de volumen evitaría la necesidad de utilizar audífonos en la edad adulta.

La relación entre el nivel de presión acústica y la intensidad del sonido no es lineal: un aumento de 3 decibelios duplica la intensidad sonora, y un incremento de 6 o 10 decibelios la multiplica por 4 o por 10, respectivamente. Sin embargo, las medidas de protección que en la actualidad se dan por sentadas en el mundo laboral no se aplican al ruido al que nos exponemos durante las actividades de ocio. Aquí también se alcanzan a veces niveles alarmantes: los transductores de sonido que se llevan sobre las orejas o en el interior del oído pueden emitir niveles de presión sonora de entre 80 y 115 decibelios durante varias horas. En las discotecas y en los conciertos, por lo general la música se dispara a volúmenes de entre 100 y 120 decibelios, y el estruendo y los silbidos en los estadios de fútbol llegan incluso a valores máximos de 130 decibelios. Cada vez más estudios indican que estos ruidos de «ocio» aumentan el riesgo de daño auditivo permanente.

Cada vez más estudios indican que los ruidos de «ocio» aumentan el riesgo de daño auditivo permanente

Un traumatismo físico

Pero ¿cómo se convierte el ruido en un peligro? En casos extremos, como una explosión, puede causar un traumatismo físico. Un nivel de sonido breve por encima de 140 decibelios ocasiona en algunos casos la rotura del tímpano. Los huesecillos del oído también pueden resultar dañados por la onda de choque. Los ruidos típicos de situaciones recreativas, como escuchar música en un concierto o con auriculares internos, no causan lesiones directas en el aparato auditivo interno o medio. Pero dañan las estructuras delicadas del oído interno y del nervio auditivo.

Las llamadas células ciliadas externas de la cóclea (que forma parte del oído interno) son sumamente sensibles. A diferencia de las células ciliadas internas, no participan directamente en la transmisión de información al nervio auditivo, sino que desempeñan otro papel importante: amplifican la vibración de la membrana alojada en el interior de la cóclea y, por tanto, la señal sonora percibida. Si se pierden las células ciliadas externas, se reduce la sensibilidad acústica a ciertas frecuencias. Por consiguiente, debe aumentarse el sonido unos decibelios para poder oírlo, con lo que el umbral de audición se eleva.

Muerte de una célula auditiva

En 2013, un equipo de la Universidad de Washington dirigido por Roberto Reif expuso en un estudio a ratones a un nivel de ruido de 119 decibelios durante 30 minutos. Ello produjo una disminución del flujo sanguíneo a la cóclea, capaz de dañar las células.

Los exámenes complementarios demostraron que el ruido causaba la muerte de las células ciliadas externas en el canal auditivo de los animales. Además, las células producen más radicales libres de oxígeno en situación de estrés mecánico, lo que ejerce un efecto tóxico sobre ellas. Con el aumento de la exposición al ruido, las células ciliadas internas también acaban dañándose. El umbral de audición solo se deteriora de manera considerable si se destruye el 80 por ciento de ellas. Se supone que la pérdida de audición senil y la causada por el ruido obedecen a causas moleculares similares.

Repetidas lesiones sonoras a una edad temprana podrían acelerar o amplificar la presbiacusia. A diferencia de lo que sucede en los animales de laboratorio, la pérdida de células ciliadas externas en los humanos solo puede medirse de forma indirecta. Para un estudio publicado en 2006, Frank Rosanowski, por entonces en el Hospital Universitario de Erlangen, preguntó a 88 adultos jóvenes con una media de edad de 23 años sobre sus hábitos auditivos durante el tiempo libre. También examinó sus emisiones «otoacústicas», es decir, emisiones sonoras del oído interno normales y suscitadas en general por la presentación de un sonido. El hecho de que no se produzcan cuando debieran denota un posible daño de las células ciliadas externas. Este médico descubrió que las emisiones otoacústicas eran más débiles en los participantes que referían haber frecuentado discotecas.

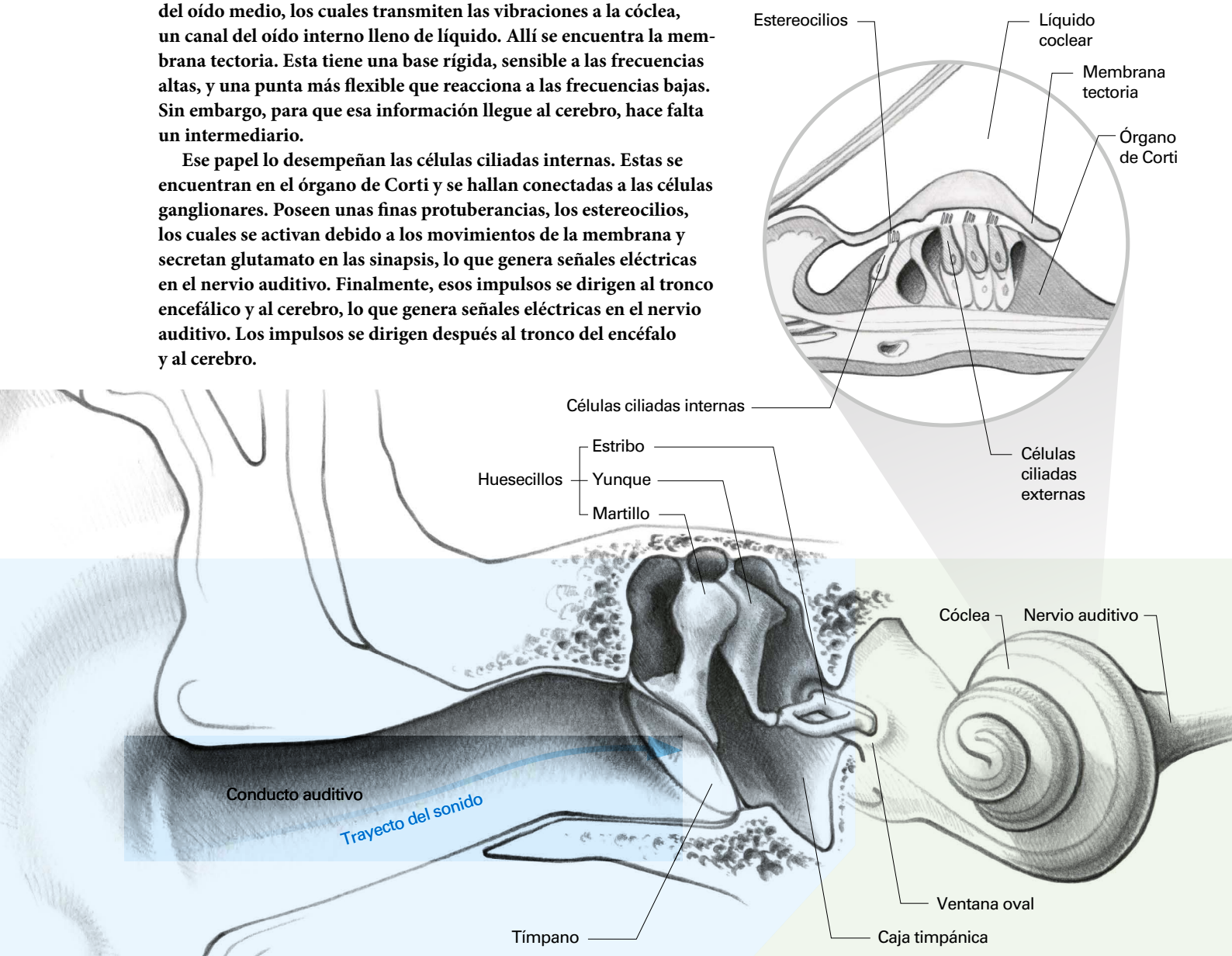
Ahmad Sulaiman y sus colaboradores de la Universidad de Malasia llegaron a una conclusión análoga en un

El aparato auditivo humano

Una fuente acústica genera ondas de presión que se propagan por el aire. Cuando esas ondas llegan al oído, acabamos percibiéndolas como sonidos. Para ello, las ondas de presión deben convertirse primero en una señal que contenga información sobre su frecuencia, y después esa señal ha de llegar a la corteza auditiva. ¿Cómo ocurre este proceso?

En primer lugar, las ondas llegan al tímpano y a los huesecillos del oído medio, los cuales transmiten las vibraciones a la cóclea, un canal del oído interno lleno de líquido. Allí se encuentra la membrana tectoria. Esta tiene una base rígida, sensible a las frecuencias altas, y una punta más flexible que reacciona a las frecuencias bajas. Sin embargo, para que esa información llegue al cerebro, hace falta un intermediario.

Ese papel lo desempeñan las células ciliadas internas. Estas se encuentran en el órgano de Corti y se hallan conectadas a las células ganglionares. Poseen unas finas protuberancias, los estereocilios, los cuales se activan debido a los movimientos de la membrana y secretan glutamato en las sinapsis, lo que genera señales eléctricas en el nervio auditivo. Finalmente, esos impulsos se dirigen al tronco encefálico y al cerebro, lo que genera señales eléctricas en el nervio auditivo. Los impulsos se dirigen después al tronco del encéfalo y al cerebro.



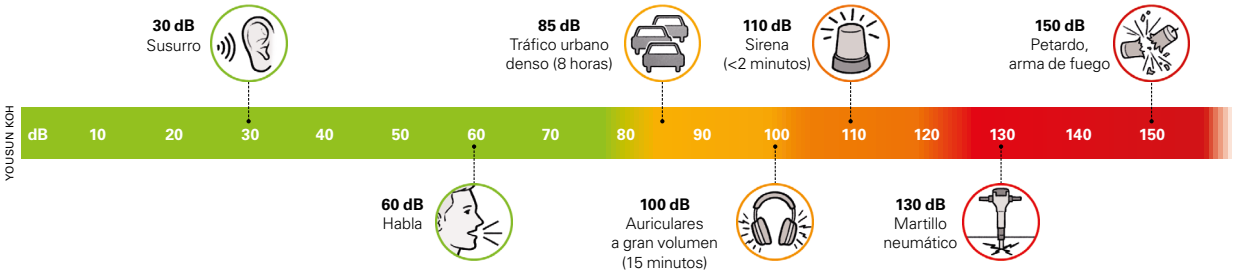
MARTIN MÜLLER

Las pérdidas auditivas

La percepción de los sonidos se encuentra alterada. Por lo común, se debe al daño de las células ciliadas.

Entre las causas destaca la exposición a ruidos intempestivos, la degeneración por el envejecimiento y la toma de determinados medicamentos o drogas.

En cuanto al tratamiento, aunque la pérdida es irreversible, puede compensarse con un audífono. En caso de sordera completa, se recomienda un implante coclear o en el oído interno.



¿Cuándo se convierte el ruido en un peligro?

El gráfico muestra ejemplos de sonidos y su volumen en decibelios (dB). Los sonidos de la zona verde se consideran inofensivos, los de la parte naranja presentan una probabilidad reducida de que causen pérdida de audición por destrucción de las células ciliadas (siempre que no se exceda la exposición máxima que se indica entre paréntesis). Sin embargo, es posible que se produzcan alteraciones permanentes en la vía auditiva, sin que se traduzcan de inmediato en una modificación del umbral de audición. En cuanto a los ruidos de la zona roja, no hay que exponerse nunca a ellos sin protección auditiva.

trabajo publicado en 2014. Los investigadores observaron a dos grupos de adultos jóvenes: uno formado por los que afirmaron que habían escuchado un promedio de tres horas de música alta con auriculares todos los días durante el año anterior, y el otro, por personas que rara vez o nunca habían utilizado reproductores portátiles. Las emisiones otoacústicas medidas en el primer grupo fueron más débiles que en el segundo, signo de menor reactividad de las células ciliadas a la percepción de los sonidos. Por otra parte, los científicos efectuaron un audiograma estándar y uno avanzado. Estas pruebas permiten determinar el umbral de audición de una persona ante distintos sonidos. El examinador expone al participante a sonidos sucesivos de una misma frecuencia pero de intensidades crecientes, por lo común en escalones de 5 decibelios, y este indica a partir de qué intensidad los oye. Hasta la frecuencia de 8000 hercios, el rendimiento auditivo de los grandes consumidores de música se mantuvo sin cambios. Por el contrario, el grupo de Sulaiman constató pérdidas en las frecuencias más altas, de entre 9000 y 16.000 hercios. Estas hacen vibrar sobre todo la base de la membrana, es decir, la parte de la cóclea más vulnerable al ruido.

Los resultados del estudio de Colleen Le Prell y su equipo de la Universidad de Dallas también revelan que los primeros daños causados por el ruido recreativo aparecen en esta franja de frecuencias altas. En 2013, examinaron los umbrales auditivos de 87 estudiantes de la Universidad de Florida. Los universitarios que afirmaron haber escuchado música con cascos de manera habitual durante al menos cinco años presentaban umbrales de percepción más altos en el rango de frecuencia de entre 10.000 y 16.000 hercios (y, por tanto, una menor sensibilidad auditiva) que los que hacía menos de cinco años que escuchaban música con cascos o no la escuchaban nunca de ese modo. No obstante, el audiograma estándar no mostró diferencias.

Dado que las frecuencias de la voz hablada se encuentran entre los 500 y los 4000 hercios, el deterioro en la gama de frecuencias altas no aparece enseguida en la vida cotidiana. Pero con el tiempo, el déficit comienza a extenderse a frecuencias más bajas. Al principio, afecta al intervalo alto de entre 3 y 6 kilohercios. La OMS considera que la elevación del umbral para estas frecuencias en 10 decibelios se traduce en una disminución de la comprensión del habla. Por encima de 30 decibelios de pérdida auditiva, la deficiencia es claramente perceptible. En 2016, Carlijn Le Clercq y sus colaboradores, del centro médico de la Universidad Erasmo de Róterdam, compararon los resultados de los estudios realizados entre 1990 y 2015 sobre el consumo de música y los trastornos auditivos. En su metanálisis, hallaron una pérdida de audición promedio de 15 decibelios en este rango de frecuencias en el 9,3 por ciento de los niños y los adolescentes estudiados.

Cuando el ruido destruye las sinapsis

La pérdida auditiva puede ser permanente o pasajera. Por ejemplo, si se halla demasiado cerca de los altavoces durante un concierto, notará el efecto en las horas y días posteriores: una sensación de tener algodón en los oídos. Algunas personas también percibirán pitidos desagradables, los llamados acúfenos. Es probable que el audiograma revele un umbral de audición elevado, pero que se normalizaría en unos días o semanas. Todavía no se conoce con exactitud qué causa este deterioro temporal. Los científicos sospechan que las prolongaciones sensibles al sonido de las células ciliadas pierden su firmeza durante cierto tiempo y su funcionalidad se reduce de forma pasajera. Tales traumatismos sonoros también

destruirían las sinapsis entre las células ciliadas y el nervio auditivo.

Esos daños suelen pasar desapercibidos durante mucho tiempo. Sharon Kujawa y Charles Liberman, de la Facultad de Medicina de Harvard, descubrieron este fenómeno, el cual denominaron «pérdida auditiva oculta». En 2009, como parte de un experimento con ratones, causaron una atrofia masiva de sinapsis en la cóclea, bombardeándola con 100 decibelios de ruido durante dos horas. Es decir, el equivalente a permanecer ese mismo tiempo en el patio de un colegio en el que los niños gritaran sin cesar.

Es probable que la sobreestimulación acústica desencadene una liberación excesiva de glutamato, un neurotransmisor excitador, en las sinapsis. Ello acaba lesionando las «sobrexcitadas» terminaciones nerviosas. Resulta sorprendente que los ratones de Liberman apenas perdieron células ciliadas y que su umbral de audición se elevó solo de manera transitoria. Las consecuencias del traumatismo no aparecieron hasta al cabo de un año, cuando las fibras del nervio auditivo de los animales se habían reducido considerablemente. En especial, en las conexiones que, al parecer, transmiten las señales de los sonidos fuertes y muy agudos a los centros auditivos del cerebro.

Los daños por el ruido durante la juventud pueden aumentar la pérdida de audición relacionada con la edad

Aunque este fenómeno, descrito como sinaptopatía, no resulta perceptible en la vida cotidiana o mediante un audiograma estándar, varios estudios demuestran que la pérdida es relevante. En 2016, Liberman y sus colaboradores entrevistaron a 34 estudiantes sobre sus hábitos auditivos y los dividieron en los correspondientes grupos de riesgo. Según hallaron en esta investigación, el grupo de alto riesgo, compuesto principalmente por estudiantes de música, presentaba umbrales de percepción más elevados en las franjas de altas frecuencias (de 10.000 a 16.000 hercios). Asimismo, las mediciones cocleares revelaron una pérdida de sinapsis auditivas. Los investigadores también observaron que a estos participantes les resultaba más difícil entender el habla en un ambiente bullicioso (por ejemplo, al lado de una carretera con tráfico intenso). Posiblemente, ello se debe a que el cerebro precisa un gran número de sinapsis para filtrar información compleja en un entorno sonoro rico.

Greta Stamper y Tiffany Johnson, de la Universidad de Kansas, efectuaron una audiometría del tronco encefálico a 30 sujetos en 2015. Para su investigación, los expusieron a diferentes sonidos y midieron los potenciales eléctricos producidos por las neuronas del mesencéfalo (una parte profunda del cerebro) y del tronco del encéfalo. Ello permite observar el momento en que las fibras nerviosas se activan y transmiten información de las células ciliadas internas al tronco encefálico. Los resultados indicaron que, cuanto más habían estado expuestos los participantes, según informaban ellos mismos, a niveles sonoros elevados en los últimos doce meses, menor era la amplitud medida para sonidos altos con una frecuencia alrededor de 4000 hercios. Ello se relaciona con la pérdida de terminaciones nerviosas en el rango de altas frecuencias. Por otro lado, el equipo de Liberman observó en 2015 la degradación de las sinapsis en autopsias. Hoy en día, muchos expertos consideran que la pérdida auditiva oculta es una de las causas de la hipoacusia propia del envejecimiento.

Adiós, efecto cóctel

Cuando las neuronas auditivas pierden sus sinapsis, dejan de transmitir información sonora y de presentar actividad espontánea. Como consecuencia, las células nerviosas de la primera estación de conmutación de la vía auditiva, el núcleo coclear dorsal, se vuelven más activas. Holger Schulze, de la Universidad de Erlangen-Núremberg, cree que se trata de un mecanismo de compensación. Las regiones cerebrales de la vía auditiva producen un ruido interno que amplifica la señal acústica y compensa la pérdida de audición. De hecho, los umbrales auditivos de las personas disminuyen en estas condiciones, como observó en 2000 en su investigación Fan-Gang Zeng, hoy en la Universidad de California.

Pero el mecanismo del ruido interno tiene un efecto secundario desagradable: la amplificación de la señal a menudo se percibe en forma de acúfenos. Con el tiempo, este «truco» del cerebro ya no resulta suficiente en presencia de ruido de fondo. Así, las personas con una sinaptopatía presentan dificultades para seguir una conversación en un entorno bullicioso, como en una fiesta. Si las pruebas de audición se realizan en un ambiente tranquilo, los resultados suelen ser poco llamativos, por ello, los expertos proponen que la evaluación de la comprensión del habla también se efectúe con ruido de fondo. Además del audiograma estándar, se recomienda realizar una prueba de frecuencias sonoras máximas. En caso necesario, una audiometría complementaria del tronco encefálico permitirá detectar la pérdida auditiva oculta.

A pesar de los numerosos descubrimientos sobre los peligros del ruido en nuestras actividades de ocio, solo

se consideran incuestionables algunos hallazgos. El método experimental tropieza con obstáculos evidentes: ¿es éticamente inaceptable exponer a las personas al ruido a gran volumen o durante mucho tiempo en el laboratorio? Por este motivo, para establecer correlaciones, los investigadores deben lograr que sus pacientes recuerden en qué medida y cuándo han estado expuestos a ruidos intensos.

Por añadidura, no todas las investigaciones se llevan a cabo con los mismos métodos. Por ejemplo, si solo se mide la audición mediante audiometría estándar, no se detectan las posibles deficiencias auditivas ocultas. El tipo de exposición acústica desempeña probablemente un papel muy importante. En concreto, la música con picos de alta frecuencia parece especialmente dañina. Helmut Strasser, de la Universidad de Siegen, descubrió en 2003 que el ruido industrial (martillos neumáticos, sierras radiales, etcétera) se asocia a un mayor riesgo de hipoacusia temporal que la música clásica, incluso aunque emitan al mismo volumen y durante el mismo tiempo. También la percepción subjetiva influye en el riesgo de daños auditivos. Así, los efectos son diferentes si a una persona le gusta una pieza musical o si, por el contrario, le resulta insufrible.

Medidas preventivas

Entonces, ¿cómo protegerse del daño a largo plazo? Ante todo, cuanto mayor sea el volumen, menor debe ser el tiempo de exposición. Para reducir el riesgo de daños auditivos, es fundamental no escuchar música a un volumen superior a 91 decibelios durante más de dos horas al día. Y si esta alcanza los 100 decibelios, no se deben sobrepasar nunca los 15 minutos diarios. Es mejor no asistir a conciertos estruendosos sin protegerse mediante tapones para los oídos de silicona adecuados.

Los auriculares con cancelación de ruido, que evitan tener que subir el volumen en entornos ruidosos, pueden ser una buena solución para disfrutar de la música a solas. También hay aplicaciones para teléfonos inteligentes que miden el nivel sonoro y advierten cuándo la presión acústica puede ser peligrosa.

Las posibilidades de tratar la pérdida auditiva siguen siendo escasas. En la actualidad, se están ensayando tratamientos destinados a reducir el daño celular tras un traumatismo sonoro. Por ejemplo, los factores de crecimiento neuronal podrían contrarrestar la sinaptopatía. Se espera que generen nuevas conexiones entre las células ciliadas internas y las fibras nerviosas auditivas. En todo caso, funcionan en experimentos con animales, pero solo con un margen de tiempo muy estrecho: menos de 24 horas después del traumatismo sonoro.

Los tratamientos con antioxidantes, esteroides o magnesio en dosis altas también suscitan esperanzas. Sin embargo, aún no está claro en qué medida podrían emplearse a gran escala. Las personas con problemas de audición suelen utilizar audífonos. Los fabricantes intentan reducir el tamaño de los aparatos, amplificar más o menos las frecuencias según las preferencias del usuario, filtrar el ruido de fondo y posibilitar una mejor audición direccional. Con todo, se encuentran limitados a la hora de separar los sonidos del habla del ruido de fondo o de los efectos de la reverberación.

Los datos actuales indican que la hipoacusia afectaría a la cognición a partir de la mediana edad e incluso comportaría un mayor riesgo de demencia en la vejez. Llevar audífono a partir de los 40 años reduce considerablemente este riesgo. Por supuesto, sería mejor prevenir tales lesiones actuando con prudencia. La audición enriquece la vida social, pero su pérdida se acompaña a menudo de aislamiento y mayor propensión a la depresión. Como señaló el filósofo Immanuel Kant: «No ver nos separa de las cosas; no oír nos separa de las personas». Al estar en el inicio de su vida, los jóvenes deben cuidar, más que nunca, su audición como un tesoro. ★

PARA SABER MAS

Extended high-frequency thresholds in college students: Effects of music player use and other recreational noise. Colleen G. Le Prell et al. en *Journal of the American Academy of Audiology*, vol. 24, n.º 8, págs. 725-739, 2013.

Evaluation of early hearing damage in personal listening device users using extended high frequency audiometry and otoacoustic emissions. A. H. Sulaiman et al. en *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, vol. 271, págs. 1463-1470, 2014.

Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. M. Charles Liberman et al. en *PLOS ONE*, vol. 11, n.º 9, 2016.

Music-induced hearing loss in children, adolescents, and young adults: A systematic review and metaanalysis. C. M. P. Le Clercq et al. en *Otology & Neurotology*, vol. 37, págs. 1208-1216, 2016.

EN NUESTRTO ARCHIVO

Plasticidad auditiva. Victoria M. Bajo Lorenzana y F. Rodríguez Nodal en *IyC*, marzo de 2012.

Cuando la audición falla. Anna von Hopffgarten en *MyC*, n.º 69, 2014.

Sordera oculta. M. Charles Liberman en *IyC*, octubre de 2015.

SciLogs

www.scilogs.es

La mayor red de blogs de investigadores científicos

El arte de las Musas
Neurociencia cognitiva de la música
Noelia Martínez Molina
Universidad de Barcelona

La bitácora del Beagle
Avances en neurobiología
Julio Rodríguez
Universidad de Santiago de Compostela

Dos ranas viejas
Cruzando límites entre la psicología y la criminología
Nereida Bueno Guerra
Universidad Pontificia Comillas

Cuantos completos
Tecnologías cuánticas y mucho más
Carlos Sabín
Instituto de Física Fundamental del CSIC

Arida cutis
Ecología de las zonas áridas
Fernando T. Maestre, Santiago Soliveres y Jaime Martínez Valderrama
Universidad de Alicante

En las entrañas de la mente
El cerebro y la inteligencia humana
Ignacio Morgado
Universidad Autónoma de Barcelona

Y muchos más...

¿Eres investigador y te gustaría unirte a SciLogs?
Envía tu propuesta a **redaccion@investigacionyciencia.es**

TERAPIA La música permite restablecer la capacidad de andar y mantener el equilibrio deteriorados a causa del párkinson, un ictus o del propio envejecimiento. Al parecer, el contenido rítmico de la melodía es el componente terapéutico clave

Ritmo para recuperar la marcha

SIMONE DALLA BELLA Y BARBARA TILLMANN

Pocos días después de nacer, el cerebro humano reacciona ante el cambio de duración en una secuencia de sonidos de percusión. A partir de los siete meses de vida podemos aprender ritmos diferentes y los movimientos que los acompañan. Laurel Trainor y Jessica Phillips-Silver, de la Universidad de Montreal, bailaron con bebés en brazos al son de un ritmo de vals o de marcha. A continuación, los psicólogos expusieron a los pequeños a secuencias sonoras que se correspondían con esos ritmos. Observaron que los niños preferían la música que tenía el mismo ritmo que habían bailado. Al parecer, el movimiento permitía a los bebés memorizar el contenido rítmico.

Pese a su aparente simplicidad, la capacidad de moverse al ritmo de la música requiere una compleja red de conexiones entre diversas áreas cerebrales responsables de la percepción del ritmo y de su duración, de la planificación y del control de los movimientos, así como de los procesos de integración entre la percepción y la acción. Cuando escuchamos música, sentimos deseos de movernos, pues las áreas cerebrales motoras se activan. Si se pide a una persona que efectúe una tarea puramente perceptiva, por ejemplo, decir si una secuencia de notas representa un ritmo particular, también se ponen en funcionamiento regiones asociadas a la motilidad (los ganglios basales y la corteza premotora), a pesar de la ausencia de movimiento. Explicado de manera sencilla, la simple escucha de un fragmento de música estimula las áreas cerebrales motoras.

Este fenómeno sugiere una idea: utilizar la música como método para reeducar el movimiento en personas

En síntesis: Estimulación musical

1 Sincronizar el paso con un sonido rítmico ayuda a las personas con la enfermedad de Parkinson a recuperar su marcha natural.

2 Escuchar el ritmo de una música o aprender a tocar el piano contribuyen asimismo en la rehabilitación de las capacidades motoras deterioradas tras un ictus.

3 Las personas mayores sanas caminan con mayor rapidez y dan pasos más largos si escuchan una música rítmica durante la marcha.

El ritmo activa los centros de movimiento en el cerebro. Por este motivo contribuye a que las personas con una marcha deteriorada efectúen pasos más rápidos y regulares.

GETTY IMAGES / URBAZON / ISTOCK

que lo tengan deteriorado. Por el mero hecho de estimular el cerebro motor, el ritmo de la música puede ayudarnos a reactivar o a mejorar la motilidad en personas con trastornos motores sin necesidad de moverse, solo escuchando. Cada vez más investigaciones demuestran que andar al ritmo de una música resulta eficaz para la reeducación de funciones motoras en individuos con párkinson y pacientes que han sufrido una apoplejía. En este artículo también nos plantearemos si la música puede ayudar a las personas seniles a recuperar su estabilidad durante la marcha.

Tratamiento del párkinson

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo que afecta a más de 1,2 millones de personas en Europa. De 100.000 individuos mayores de 65 años, unos 160 presentan esta dolencia. Además, se estima que la cifra se doblará en 2030 debido al envejecimiento general de la población. El párkison se relaciona con un mal funcionamiento de los ganglios basales, estructura que se aloja en el centro del cerebro. Una persona que padece parkinsonismo sufre temblores en reposo, ejecuta movimientos voluntarios lentos y manifiesta dificultades para comenzar a moverse. Los síntomas se observan, sobre todo, cuando el paciente se levanta y anda. Estos síntomas, a los que se suman la rigidez muscular generalizada y los problemas para mantener el equilibrio, originan una alteración de la marcha. Por lo general, el afectado se desplaza con lentitud, da pasos cortos y, en ocasiones, se detiene y cae.

Además de reducir la calidad de vida, los trastornos de la marcha favorecen las caídas; en consecuencia, se incrementa el riesgo de heridas, fracturas de cuello del fémur y traumatismos craneales. Por todo ello, constituyen una de las causas principales de discapacidad y dependencia entre los pacientes con párkinson.

¿Cómo reducir esos trastornos? El tratamiento farmacológico de que disponemos en la actualidad para luchar contra la enfermedad de Parkinson, la L-dopa, reduce, al menos al principio del tratamiento, los síntomas motores como el temblor. No obstante, apenas mejora los trastornos de la marcha. Para suplir esa carencia se han estudiado otros métodos. La música, mejor dicho, el ritmo de la música, ha demostrado producir efectos beneficiosos en estas personas.

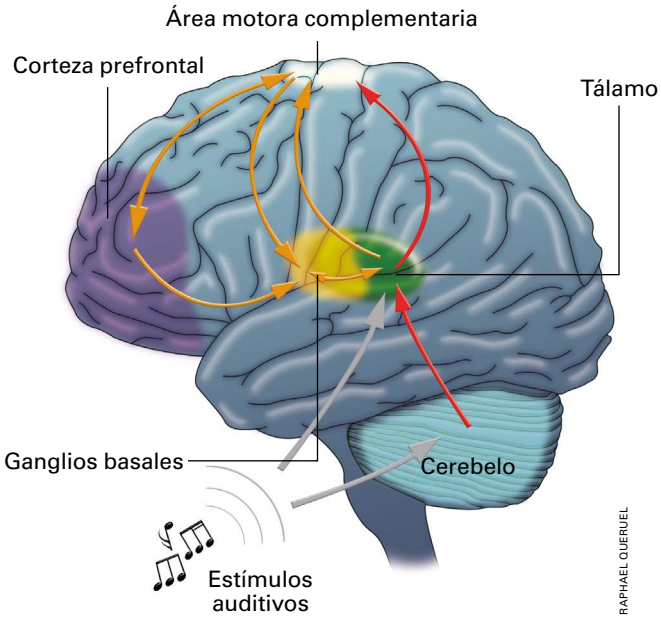
Caminar a buen ritmo

Para el tratamiento, se expone a los pacientes a sonidos repetitivos y regulares antes de que inicien la marcha. Cuando el ritmo de los sonidos repetidos o el tempo de la música son los adecuados —ni demasiado lentos ni demasiado rápidos—, el afectado tiende a sincronizar sus pasos rítmicamente, con lo que se vuelven más largos y seguros. Su andar se acelera, a la vez que gana en naturalidad y regularidad. En definitiva, la persona recupera la espontaneidad de su marcha normal.

Tocar el piano es una actividad placentera y motivante. Se ha comprobado que mejora la recuperación de las capacidades motoras de las personas.

GETTY IMAGES / THEPALMER / ISTOCK

Circuito de compensación



Gracias a la música se activa una red de compensación. Por lo general, cuando se percibe un estímulo auditivo (*notas musicales*), este es procesado por las áreas auditivas, se transmite al tálamo (estructura cerebral que centraliza numerosas informaciones), y después al área motora complementaria, la cual envía las órdenes de movimiento. En las personas con enfermedad de Parkinson, los ganglios basales (*amarillo*) presentan una funcionalidad alterada. El ritmo de la música activa un circuito de compensación que pasa a estimular el área motora complementaria. De esta forma, la señal sonora activa el cerebelo que transmite la información al tálamo, el cual envía las señales al área motora complementaria (*flechas rojas*). Los bucles de retroacción normales (*naranja*) se activan. Este circuito de compensación ayuda a los pacientes a recuperar su capacidad de marcha.

Aunque el método mediante la estimulación auditiva rítmica se conoce desde los años cuarenta del siglo xx, no ha sido hasta épocas más recientes cuando se ha estudiado con rigurosidad. En 1997, Michael Thaut, uno de los pioneros de la reeducación neurológica, y sus colaboradores de la Universidad del Estado de Colorado, analizaron el efecto terapéutico del ritmo en 21 personas afectadas de párkinson. Diez fueron tratadas con L-dopa, mientras que otras tantas no recibieron tratamiento alguno. Además, evaluaron a otra decena de individuos sanos. Cada participante, todos de edades semejantes, debía andar unos 30 metros a su velocidad máxima con o sin estímulo auditivo rítmico (el ritmo estaba adaptado a una marcha rápida). Se constató que la estimulación rítmica mejoraba la marcha de todos los participantes; asimismo, la longitud de la zancada de las personas que sufrían párkinson aumentaba. Este fenómeno no sucedía, en cambio, en los sujetos que no padecían el trastorno.

A la vista de los resultados, ¿puede utilizarse la sincronización del movimiento con el ritmo musical para reeducar la marcha? La respuesta es: «sí». De hecho, ya se han propuesto programas terapéuticos basados en la estimulación rítmica. Por lo común, durante dos meses y varias veces por semana se practica el andar rítmico con música. Según se ha comprobado, este entrenamiento no solo mejora la marcha de los pacientes durante los ejercicios, sino que los efectos perduran una vez concluida la terapia. Los sujetos ganan velocidad al caminar y realizan zancadas más largas, incluso en ausencia de estímulos rítmicos.

Redes paralelas

¿Qué mecanismos cerebrales contribuyen a esta reeducación? El ritmo favorece que el cerebro de las personas con párkinson utilice una red neuronal secundaria que compensa la red motora lesionada a causa del trastorno. Esta red compensatoria incluye regiones encefálicas que se hallan implicadas en la motilidad y en el control de los movimientos finos, como es el caso del cerebelo. De esta manera, las áreas se activan cuando los movimientos se efectúan al ritmo de un estímulo externo.

Los beneficios terapéuticos no se limitan a la marcha, como demostramos junto con Sonja Kotz, de la Universidad de Manchester, y Charles-Étienne Benoit, del Centro EuroMov de la Universidad de Montpellier 1. Pedimos a un grupo de personas con la enfermedad de Parkinson que participaran en un programa de entrenamiento con estimulación rítmica auditiva a lo largo de un mes. Los participantes anduvieron al ritmo de una canción popular durante 30 minutos tres veces por semana. Observamos que, una vez finalizada la terapia, su marcha había mejorado; también percibían mejor la duración de los sonidos y el tempo. La estimulación rítmica auditiva había influido en redes neurales que contribuían a la percepción de la duración rítmica.

Aunque todavía se necesita ahondar más en la relación entre los movimientos y la estimulación rítmica, existen trabajos en curso que investigan la posibilidad de crear herramientas que faciliten la recuperación motora de las personas con la enfermedad de Parkinson. Un grupo de la Universidad Politécnica de Madrid dirigido por María

Continúa en la página 94

La música también ayuda a demorar los efectos del alzhéimer

En la demencia, la musicoterapia favorece que las habilidades cognitivas y funcionales, la identidad personal y la comunicación con el entorno se mantengan en activo durante más tiempo, lo que beneficia la calidad de vida del afectado y de los cuidadores

Mónica de Castro y Melissa Mercadal Brotons

La enfermedad de Alzheimer se caracteriza por un deterioro progresivo de las competencias cognitivas y funcionales de la persona que la padece. A lo largo de la enfermedad, cuyo curso medio es de diez años, se van deteriorando la memoria, la atención, la capacidad de distinguir imágenes y sonidos, la comprensión, la fluencia y el contenido del lenguaje, los movimientos aprendidos con una finalidad práctica o la orientación espacial y temporal, entre otros aspectos. Algunos de los síntomas psicológicos y conductuales pasan por una disminución de la autoestima, episodios de depresión, ansiedad y agitación. Todos estos problemas, además, influyen en la interacción social de la persona, que también se va deteriorando. Pero ciertas regiones del cerebro, relacionadas con la música, permanecen intactas por más tiempo.

En el año 2009, Petr Janata, de la Universidad de California en Davis, descubrió un área en la corteza prefrontal medial que se activa cuando escuchamos un tema musical que conocemos y nos despierta recuerdos autobiográficos, poniendo en marcha las emociones asociadas a esos recuerdos. Esta zona tarda en deteriorarse en las personas con alzhéimer, lo que puede explicar por qué incluso los individuos que presentan fases muy avanzadas de esta enfermedad neurodegenerativa reaccionan ante una canción que les resulta familiar.

Beneficios terapéuticos

Según se ha observado, las personas afectadas de alzhéimer mantienen, a lo largo de todo el proceso de la enfermedad, la capacidad de percibir y darle un significado al estímulo musical. Incluso sujetos que ya no son capaces de comunicarse hablando pueden llegar a cantar parte de una canción.

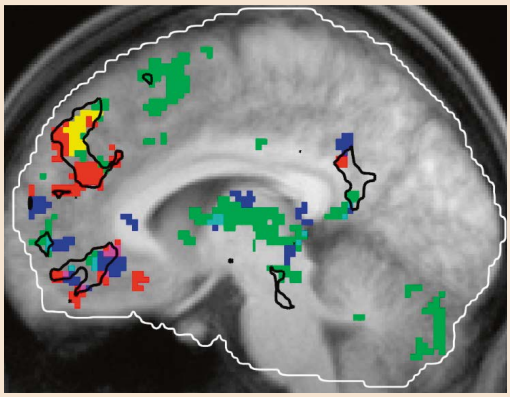
Diversos estudios, entre ellos el de Claire Hulme, de la Universidad de Leeds, afirman que la musicoterapia es uno de los tratamientos no farmacológicos más efectivos para las demencias. Pero la investigación sobre los beneficios de la musicoterapia en personas con alzhéimer no es nueva: sus inicios se remontan a la década de los ochenta del siglo XX. En los últimos años se han multiplicado los estudios, algunos de ellos mediante neuroimágenes, que, sumándose o mejorando los ya existentes, han aportado hallazgos novedosos que respaldan el uso de la música como terapia para mejorar la calidad de vida de las personas con demencia.

¿Cómo funciona?

En las intervenciones musicoterapéuticas para personas con alzhéimer y otras demencias se utilizan diversas técnicas: el canto, la audición, el movimiento con música, el manejo de instrumentos en grupo, los juegos musicales o la relajación con música. Un musicoterapeuta con competencias clínicas y musicales define las estrategias y diseña para cada individuo un programa de actividades que se llevará a cabo en diversas sesiones. Para ello considera todos los aspectos que intervienen en cómo la persona percibe la música (biológicos, personales y culturales) a partir de estudios que profundizan en los mecanismos por los que la música apela a las emociones, los movimientos y los recuerdos.

En los sujetos que presentan una fase inicial o moderada del trastorno, esto es, cuando todavía preservan muchas de sus capacidades, las técnicas de musicoterapia pueden contribuir a mantener por más tiempo algunas habilidades físicas y cognitivas, entre ellas, la memoria, el lenguaje, la atención, la orientación y la coordinación de movimientos. Una de las autoras (Brotons) y Susan M. Koger, de la Universidad Willamette, comprobaron en 2000 que las personas con demencia que habían participado en un programa de musicoterapia presentaban una mejoría del contenido y la fluencia del lenguaje. En estos períodos iniciales de la enfermedad, las actividades musicoterapéuticas se desarrollan en grupo con el fin de reforzar también los aspectos psicológicos y relacionales de cada participante.

Cuando el alzhéimer ya se encuentra avanzado o muy avanzado, es decir, cuando la persona ha perdido el lenguaje, no puede recuperar sus recuerdos, presenta una funcionalidad reducida



DE: P. JANATA EN *CEREBRAL CORTEX*, VOL. 19, PÁGS. 2579-2594, 2009

Cuando escuchamos una canción que conocemos, un área de la corteza prefrontal medial (*amarillo*) activa los recuerdos autobiográficos que asociamos a esa música, según halló en 2009 Petr Janata, de la Universidad de California en Davis. En las personas con alzhéimer, dicha región tarda en deteriorarse.

y los problemas conductuales se tornan persistentes e intensos, las técnicas musicoterapéuticas individuales contribuyen a mejorar algunos aspectos.

Diversos trabajos han hallado que estas actividades de carácter individual ayudan a que los afectados recuperen recuerdos autobiográficos, vivan emociones positivas asociadas a ellos, se comuniquen con los familiares y cuidadores y que aumente su sensación de seguridad y calma. Estos beneficios facilitan a su vez que los afectados acepten sensaciones y estímulos de su entorno que ya no comprenden.

En España, la musicoterapia para tratar a las personas con demencia se utiliza sobre todo en los centros y hospitales de día así como en los centros geriátricos, según un estudio realizado en 2012 por una de las autoras (Brotons) y publicado en 2014 en la *Revista Brasileira de Musicoterapia*. Los tipos de programas y actividades que se aplican varían en función del grado de demencia del individuo, pasando de técnicas y tareas que requieren una mayor participación por parte del paciente (canto, tocar instrumentos, movimiento con la música, juegos musicales) en las primeras fases de la demencia a actividades más receptivas (audición de música) en los casos más avanzados. Wendy Chatterton, de la Universidad de Queensland, confirmó en 2010 a través de un estudio de revisión que las técnicas de musicoterapia más efectivas en las fases avanzadas de la demencia son básicamente receptivas. Entre estas estrategias destaca la audición individualizada de música grabada o de la voz del cuidador o del musicoterapeuta, que puede acompañarse de un instrumento.

CORTESÍA DE MÓNICA DE CASTRO

Mediante una actividad rítmica se favorece que la persona con alzhéimer moderado-grave y con dificultades para ejecutar un movimiento coordinado participe de manera activa en la tarea, realice el movimiento deseado y experimente la vivencia como exitosa. Con ello se estimulan sus ganas de seguir trabajando y se crea una comunicación con su entorno.

Sin embargo, las necesidades de las personas que padecen alzhéimer (unas 850.000 en España) van más allá de la sesión de musicoterapia. Los familiares y los profesionales que trabajan a su cuidado pueden incorporar la música en su día a día mediante actividades sencillas que pueden aprender formados por musicoterapeutas especializados, según sugirieron en 2001 Steven Brown, por entonces en el Instituto Karolinska del Hospital Universitario Huddinge, y sus colaboradores. El baño asistido con música, la reducción de la agitación o el estímulo de la persona con apatía mediante audición individual de música, el descanso después del almuerzo o la música de fondo en un centro o en casa son algunos ejemplos de esas aplicaciones, que tienen como objetivo mejorar la calidad de vida del enfermo y de sus cuidadores.

Retos para el futuro

Aunque la investigación en este campo ha aportado numerosos conocimientos, existen todavía muchos retos. Uno de ellos estriba en lograr una definición más detallada de las metodologías y técnicas musicoterapéuticas empleadas en los estudios, así como la creación de un modelo o protocolo musicoterapéutico, a semejanza del que ya se aplica en el tratamiento de bebés prematuros.

En estos momentos, gracias a las investigaciones llevadas a cabo, el uso de la música como terapia para las personas con la enfermedad de Alzheimer y sus cuidadores se acepta cada vez más. Corresponde ahora a la comunidad científica hacer más partícipes a los profesionales y a la sociedad de las pruebas existentes, estableciendo lazos permanentes de colaboración entre musicoterapeutas, investigadores, familias y demás profesionales del ámbito geriátrico, de forma que el trabajo diario alimente nuevas líneas de investigación que aporten más avances. En definitiva, trabajar en equipo para que la música pueda contribuir más a mejorar la calidad de vida de la persona con alzhéimer.

LAS AUTORAS

Mónica de Castro está especializada en demencias y envejecimiento activo y saludable. Es docente en el Máster de Musicoterapia de la Escuela Superior de Música de Cataluña (ESMUC), entre otros. *Melissa Mercadal Brotons* es experta en musicoterapia aplicada a las demencias. Preside la Federación Mundial de Musicoterapia y dirige el Máster de Musicoterapia de la ESMUC.

PARA SABER MÁS

Music therapeutic caregiving: The necessity of active music-making in clinical care. S. Brown, E. Götell y S. Ekman en *The Arts in Psychotherapy*, vol. 28, págs. 125-135, 2001.

The neural architecture of music-evoked autobiographical memories. P. Janata en *Cerebral Cortex*, vol. 19, págs. 2579-2594, 2009.

Effects of group music therapy on quality of life, affect and participation in people with varying levels of dementia. C. Solé et al. en *Journal of Music Therapy*, vol. 50, n.º 1, págs. 103-125, 2014.

Viene de la página 91
Teresa Arredondo está trabajando en una aplicación para teléfono inteligente que integre patrones acústicos compuestos para la práctica de los ejercicios de estos pacientes.

Aprender de nuevo a moverse

A medida que la investigación vaya avanzando en este terreno, la musicoterapia podrá aplicarse para el tratamiento de otras patologías neurodegenerativas. En la actualidad, parece lograr buenos resultados en los casos de accidente cerebrovascular.

Thaut y sus colaboradores pidieron a una serie de personas que habían perdido movilidad en uno de los brazos a consecuencia de un ictus que tomaran un objeto con la mano de la extremidad lesionada. En unas ocasiones, la sala donde se llevaba a cabo el ensayo se encontraba en silencio; en otras, se oía de fondo un sonido rítmico regular (el tic-tac de un metrónomo). Se observó que, en presencia de un ritmo, la trayectoria de los movimientos del brazo resultaba más regular: el movimiento del codo era más amplio y el conjunto de la acción sucedía de manera más fluida. Como hemos señalado antes, en el párkinson, los sonidos regulares permiten aumentar la capacidad del cerebro para optimizar ciertos movimientos. En este método se utilizaron secuencias de sonidos simples y se aprovechó, sobre todo, el ritmo musical.

Otro planteamiento más reciente propone que los afectados aprendan a tocar un instrumento musical, preferiblemente el piano. Diversas investigaciones han demostrado que este tipo de aprendizaje refuerza la plasticidad en una amplia red cerebral. Esta incluye regiones responsables de procesar la información auditiva (sobre todo, la corteza temporal y la frontal), la corteza motora y la premotora (contribuyen a la planificación y preparación de los movimientos), así como las regiones encargadas de integrar informaciones sensoriales y motrices (regiones temporales y parietales).

Esa plasticidad no solo se constata si se compara el cerebro de músicos con una larga experiencia profesional con el de individuos sin nociones musicales. En los niños y adultos que aprenden a tocar un instrumento durante algunas semanas o unos meses, la percepción de sonidos activa áreas auditivas primarias y secundarias, pero también la corteza motora. Es decir, se da una asociación auditivo-motora. De esta manera, cuando una persona que ha aprendido a manejarse con el piano oye melodías que ya sabe interpretar, su corteza motora se activa. Esta reacción no aparecía antes del aprendizaje.

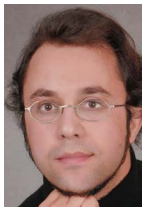
Clases de piano tras un ictus

¿Podría usarse el aprendizaje de un instrumento para rehabilitar las capacidades motoras deterioradas tras un accidente cerebrovascular? Eckart Altenmüller y su equipo de la Universidad de Hannover investigaron esta posibilidad mediante la utilización de panderetas electrónicas que emitían sonidos de piano y un piano. Mientras las panderetas servían para ejercitar la motilidad gruesa (el brazo), las teclas del piano permitían la práctica de motilidad fina (la mano).

La marcha de las personas mayores podría mejorarse a través de un estímulo musical rítmico

Un terapeuta enseñó a los pacientes a tocar una serie de melodías con dichos instrumentos. Al final de la terapia, se compararon los progresos motores de estos individuos con los de sujetos que también habían sufrido un ictus, pero que habían participado en un programa estándar de rehabilitación. Según se confirmó, los miembros del grupo de aprendizaje musical mejoraron en la velocidad, la precisión y la fluidez de movimientos de manera más destacada que los usuarios de una terapia «tradicional». Para evaluar los progresos, se pidió a los pacientes que introdujeran nueve varitas en pequeños agujeros, tarea para la que se requiere precisión y rapidez. Antes del tratamiento, ambos grupos no presentaban ninguna diferencia. Después del programa de rehabilitación, los participantes que habían aprendido a tocar el piano obtuvieron mejores resultados. Todo apunta a que aprender a tocar el piano mejora las capacidades motoras de las personas que han sufrido un ictus.

El beneficio de esta terapia descansa sobre diversos factores que actúan como mantenedores de estas capacidades: la repetición de movimientos, la sintonía del gesto con el sonido e incluso la asociación de factores emocionales y motivacionales. Pero, además de la emoción y la motivación, la asociación del sonido y el gesto podría tener otro efecto. Se ha demostrado un reforzamiento de las



LOS AUTORES

Simone Dalla Bella es profesor en el departamento de psicología en la Universidad de Montreal (Canadá), además de codirector del Laboratorio Internacional para la Investigación del Cerebro, la Música y el Sonido (BRAMS). *Barbara Tillmann* dirige el grupo de investigación sobre cognición auditiva y psicoacústica en el Centro de Investigación en Neurociencias (CRNS) de la Universidad de Lyon 1.

conexiones entre las regiones auditivas y las sensoriomotoras después del aprendizaje. Ello sugiere que un entrenamiento que combine las informaciones auditivas, sensoriales y motoras podría contribuir a la reeducación motriz.

¿Cómo explicar los efectos de esta asociación de gesto y sonido que se origina gracias a la pulsación de una tecla (activación del circuito motor) mediante la cual se provoca un sonido (activación del circuito de la percepción)? Floris Van Vugt, de la Universidad de Hannover e investigador en el Centro de Investigaciones Neurocientíficas de Lyon, se ha preocupado por este tema dentro del proyecto EBRAMUS, dedicado al estudio de los efectos beneficiosos de la música sobre el cerebro. En uno de sus experimentos, personas que habían sufrido un accidente cerebrovascular aprendieron a tocar el piano tanto en condiciones normales (la pulsación de la tecla iba seguida del sonido) como modificadas (el sonido se producía al cabo de unos 100 a 600 milisegundos). El objetivo de la versión alterada era interferir en la asociación auditiva y motora. Al contrario de lo que proponía la hipótesis anterior, los individuos del grupo de sonidos retardados progresaron más en la prueba de las nueve varillas que los otros. Mediante cuestionarios, los investigadores hallaron que las personas no eran conscientes de que el sonido se oía tiempo después de pulsar la tecla.

Más que la melodía, el ritmo parece ser el elemento clave

Ese estudio, en el que se incluyeron sonidos retardados un tiempo variable, demuestra que puede mejorarse la rehabilitación motora sin perturbar la motivación o la emoción que siente el paciente. Decidimos estudiar con más detalle la función de la integración sensorial y motriz en la rehabilitación motora. Los resultados obtenidos hasta ahora sugieren que la utilización de un programa de aprendizaje musical, especialmente tocar el piano, parece ser una estrategia terapéutica innovadora, placentera, motivadora y eficaz para mejorar la rehabilitación de las capacidades motrices en los pacientes de ictus.

Beneficios en mayores sanos

Caminar al ritmo de la música y tocar el piano parecen mejorar la reeducación de la motilidad en las personas con enfermedad de Parkinson o que han padecido un accidente cerebrovascular. Sin embargo, los beneficios que puede aportar la música no se limitan a estos casos. También pueden mejorar la calidad de vida de las personas de edad avanzada que presentan dificultades motoras. El 10 por ciento de la población mayor marcha a paso lento. Los problemas para andar y la disminución de la velocidad se asocian a menudo a un declive cognitivo.

Existen razones para continuar investigando métodos que contribuyan a paliar las dificultades de la marcha. Entre estas técnicas destacan los marcadores auditivos basados en la música. En 2013, Joanne Wittwer y sus colaboradores de la Universidad de Melbourne solicitaron a probandos sanos de más de 65 años que caminaran con un metrónomo o al son de la música. Tanto el ritmo del metrónomo como el de la música se ajustó al de la marcha de cada individuo. El experimento reveló que los participantes que escuchaban música se desplazaban a una velocidad mayor de la habitual y daban pasos más largos. Este efecto no se registró entre los que caminaban con un metrónomo.

¿Puede considerarse el marcador auditivo mediante la música como una solución poco costosa para frenar la reducción natural de la movilidad en las personas de edad avanzada y el declive cognitivo acompañante? Esta cuestión ha sido objeto de diversas investigaciones. El proyecto europeo BeatHealth, que se desarrolla en el Centro EuroMov de Montpellier, estudia cómo utilizar la música para mejorar la movilidad de las personas mayores y aumentar su capacidad motora y su calidad de vida. Como en el caso del párkinson, se están desarrollando aplicaciones para el teléfono móvil capaces de presentar un estímulo musical rítmico adaptado a las características de la marcha del usuario.

Con todo, los efectos positivos de la música no se limitan al tratamiento de enfermedades. Andrea Trombetti y sus colaboradores, de la Universidad de Ginebra, propusieron a voluntarios sanos de más de 65 años de edad que pasearan oyendo música o que aprendieran a tocar un instrumento. Después de un período de práctica, los participantes caminaban mejor, se caían con menor frecuencia, mejoraban sus resultados en las pruebas cognitivas estándar y mostraban menos temor al andar (habían recuperado la confianza y tenían menos miedo de caer). Estos resultados subrayan la urgencia de continuar con los estudios en torno a la función que la música puede ejercer para la prevención del declive cognitivo y motor en las personas mayores. ★

Artículo publicado en *Mente y Cerebro* n.º 72

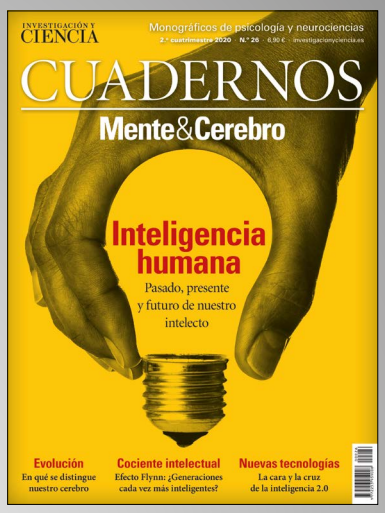
PARA SABER MÁS

Differential input of the supplementary motor area to a dedicated temporal processing network: functional and clinical implications. S. Kotz et al. en *Frontiers in Integrative Neuroscience*, vol. 5, pág. 86, 2011.

The involvement of audio-motor coupling in the music-supported therapy applied to stroke patients. A. Rodríguez-Fornells et al. en *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1252, pág. 282, 2012.

Cueing and gait improvement among people with Parkinson's disease: A metaanalysis. S. Spaulding et al. en *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 94, págs. 562-570, 2012.

Monografías con nuestros mejores artículos sobre temas clave



www.investigacionyciencia.es/revistas/cuadernos

Para más información y efectuar tu pedido: Tlf. 935 952 368 | contacto@investigacionyciencia.es

Sigue el desarrollo de la psicología y las neurociencias

www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro

Para más información y efectuar tu pedido: Tlf. 935 952 368 | contacto@investigacionyciencia.es

Puedes adquirirlo en quioscos y en nuestra tienda

www.investigacionyciencia.es

Teléfono: 935 952 368 | contacto@investigacionyciencia.es